



COURS DE BOTANIQUE.

SECONDE PARTIE.

PHYSIOLOGIE.

PARIS.—IMPRIMERIE DE FÉLIX LOCQUIN,
RUE NOTRE-DAME-DES-VICTOIRES, N° 16.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE,

OU

EXPOSITION DES FORCES

ET DES FONCTIONS VITALES DES VÉGÉTAUX,

POUR SERVIR DE SUITE A L'ORGANOGRAPHIE VÉGÉTALE,
ET D'INTRODUCTION A LA BOTANIQUE GÉOGRAPHIQUE
ET AGRICOLE;

PAR M. AUG.-PYR. DE CANDOLLE.

TOME PREMIER.

PARIS.

BÉCHET JEUNE,
LIBRAIRE DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE,
PLACE DE L'ÉCOLE DE MÉDECINE, N° 4.

1832

PRÉFACE.

Les cours de botanique que j'ai faits depuis bien des années se composent de plusieurs parties qui, liées ensemble, forment la science des plantes, mais qu'on peut séparer en autant d'ouvrages distincts, soit pour soutenir sa propre force dans un travail aussi long, soit pour permettre à chacun d'étudier la portion qui l'intéresse le plus. Ces parties sont de trois sortes, savoir, les unes fondamentales, les autres accessoires ou d'application (1).

1°. L'*organographie*, ou la description des organes, tant extérieurs qu'intérieurs, qui est la base de toute la science, et notamment des deux parties suivantes (2).

2°. La *physiologie*, qui cherche à déduire de l'étude des organes ce qui est relatif à la vie des êtres (3).

3°. La *méthodologie*, qui s'occupe à déduire de

---

(1) Toutes ces divisions seraient également applicables à l'histoire du règne animal.

(2) L'Organographie a été publiée en deux volumes in-8° en 1827, et traduite en allemand par M. Meissner, en 1828.

(3) Mon premier cours sur cette branche a été fait en 1804, au Collége de France. J'en ai publié un extrait fort succinct en

l'étude des organes les principes et les méthodes de la classification (1) des êtres.

Je range parmi les parties accessoires de la science :

1°. La *botanique géographique*, qui déduit des deux parties précédentes les lois ou les faits généraux relatifs à la distribution des végétaux vivans sur le globe (2).

2°. La *botanique oryctologique*, qui recherche

1805, dans les Principes de botanique qui sont en tête de la Flore française. Cet extrait, quoiqu'il ait été publié aussi à part, n'a peut-être pas été aussi connu qu'il aurait pu l'être, parce qu'il faisait partie d'une flore où l'on n'a pas l'habitude d'aller chercher un traité de physiologie; mais il a cependant servi comme de point de départ à divers écrits subséquens. Je dois des remercîmens à plusieurs botanistes des plus habiles de notre âge, pour la manière obligeante dont ils l'ont cité ; d'autres lui ont fait un honneur d'un autre genre : c'est d'en avoir adopté les opinions, et souvent traduit textuellement plusieurs chapitres sans le citer. Celui auquel je pourrais spécialement reprocher cette adoption un peu trop paternelle de cet écrit de ma jeunesse, verra, si l'ouvrage actuel tombe entre ses mains, que cette circonstance ne m'a pas empêché de rendre hommage à ce qu'il a fait d'utile pour l'avancement de la physiologie végétale.

(1) En attendant la publication de cette partie, on peut trouver les bases de ma manière de la considérer, dans la Théorie élémentaire de la botanique (1 vol. in-8°, 1re édit., 1813; 2e édit. 1819), et les résultats, dans le *Prodromus systematis naturalis*, dont il a paru quatre volumes de 1824 à 1830.

(2) Les bases d'après lesquelles je considère cette branche de la science, sont consignées, 1° dans un article en tête du second volume de la Flore française (1805); 2° dans l'article *Géogra-*

l'histoire des végétaux fossiles, considérés dans leurs rapports, soit avec les couches du globe, soit avec les formes des végétaux vivans (1).

3°. La *botanique historique*, qui montre par quelle voie la science est arrivée à son terme actuel (2).

Je considère comme parties d'application :

1°. La *botanique agricole*, qui est l'application de la plupart des branches précédentes à la culture des végétaux (3).

2°. La *botanique médicale*, ou l'application de ces mêmes parties à la médecine (4).

---

phie botanique et agricole, du Dictionnaire d'agriculture, publié en 1809, chez Déterville; 3° dans l'article *Géographie botanique*, du Dictionnaire des sciences naturelles, publié en 1820, chez Levrault, et tiré à part.

(1) Les bases de cette étude sont très-bien exposées dans les ouvrages de MM. le comte de Sternberg (Flore du monde primitif), et Adolphe Brongniart (Histoire des végétaux fossiles).

(2) Un aperçu de cette partie, extrait de mes cours sur cet objet, a été inséré à l'article *Phytographie* du Dictionnaire classique d'histoire naturelle.

(3) J'ai fait ce cours deux fois seulement. J'ai eu le bonheur d'y compter parmi mes auditeurs une dame (Mme M.....) très-connue par son talent pour les ouvrages élémentaires, et qui en a tiré les principaux matériaux d'un ouvrage anglais intitulé : *Conversations on the vegetable physiology* (2 vol. in-12, London, 1829). Il a été traduit en français, par M. Macaire, en 1830. 1 vol. in-8°.

(4) Mon ouvrage sur les propriétés des plantes, comparées avec leurs formes extérieures et leur classification naturelle

3°. La *botanique économique*, qui comprend l'étude de tous les autres genres d'application des végétaux aux besoins des hommes (1).

J'ignore si le temps, la santé, la volonté même, me permettront d'achever la rédaction, non de ces divers cours, mais au moins des principaux. J'ai cru devoir en présenter ici le tableau, pour faire comprendre et l'étendue de la science, et les causes pour lesquelles, guidé par des vues générales, j'ai retranché de certaines de ces parties quelques objets qu'on a coutume d'y voir figurer. Déjà j'ai publié en 1827 l'Organographie, que je regarde comme la base de la science entière. Aujourd'hui, encouragé par l'accueil qu'a reçu ce premier essai, j'offre au public la seconde des parties fondamentales ou la physiologie.

Je suis loin de m'être aussi directement occupé de cette partie que de la symétrie organique des végétaux ; mais j'ose croire cependant que mon travail à ce sujet pourra présenter encore quelque utilité, surtout sous le rapport de l'ensemble,

---

(1re édit., 1 vol. in-4°, 1804; 2e édit., in-8°, 1816; trad. en allemand par M. Perleb en 1818), peut donner une idée de la manière dont je considère cette partie.

(1) Cette branche de la science n'a jamais, à ma connaissance, été traitée que par fragmens, parmi lesquels les applications à la teinture ou à la nourriture de l'homme et des animaux domestiques tiennent les premiers rangs.

et des idées générales propres à lier en un faisceau commun les branches diverses de la science. Une partie de ma jeunesse a été exclusivement consacrée à la physiologie des plantes. La connaissance détaillée de l'organographie est ce qui jusqu'à présent a le plus manqué aux physiologistes, et ce qui peut le mieux donner les moyens d'apprécier les travaux publiés. Ceux-ci ont été institués sous des points de vue très-divers : ils ont été dirigés tantôt par des hommes uniquement voués aux sciences physiques, sans études préalables de physiologie, et par conséquent sans appréciation de l'action vitale; tantôt par des personnes entièrement vouées à la pratique de l'horticulture, et par conséquent sans une appréciation suffisante des lois de l'organographie ou de la chimie; tantôt enfin par des hommes tellement préoccupés des études de physiologie animale et de zoologie, qu'ils ont tendu à exagérer les rapports (très-réels dans certaines limites) qui existent entre les deux règnes organiques. Sans être ni physicien, ni chimiste, ni zoologiste, ni agronome, j'ai cependant consacré quelques portions de ma vie à ces diverses études, et j'ai tenté de faire de chacune d'elles une application raisonnée et impartiale à la physiologie des végétaux. Les travaux publiés directement sur cette étude sont dispersés dans une foule de mémoires ou d'ouvrages spéciaux, et ont besoin d'être coordonnés et comparés, pour qu'on

puisse apprécier l'état réel de la science. Ces coordinations ou ouvrages généraux deviennent d'autant plus nécessaires, que les publications morcelées des journaux deviennent plus fréquentes et se substituent peu à peu à tous les genres de publications plus méthodiques. La physiologie végétale, en particulier, me semble avoir, plus qu'aucune autre étude, un besoin urgent de coordination pour diriger les travaux ultérieurs de ceux qui s'y vouent. Elle se compose en effet de documens déduits de tant de sciences différentes, et dont quelques-unes ont tellement changé de face depuis un demi-siècle, que fort peu, de ceux même qui s'y sont le plus complétement dévoués, en ont approfondi toutes les branches.

L'ordre que j'ai adopté dans cet ouvrage est calqué sur celui de l'Organographie, de telle sorte, que ceux qui trouveraient fatigant d'étudier d'abord la structure tout entière, avant d'en venir à l'étude de la vie végétale, pourraient lire alternativement un livre de l'Organographie et le livre correspondant de la Physiologie. Ainsi, dans le premier livre de l'étude des organes, j'ai examiné la structure des organes élémentaires des plantes. Le premier livre de la Physiologie est consacré à l'étude de leurs forces élémentaires; mais comme les faits desquels on peut déduire la théorie de ces forces supposeraient le plus souvent la connaissance des

fonctions, je me suis borné dans cet examen préparatoire des forces aux idées les plus simples et les plus indispensables pour la suite.

Le deuxième livre de l'Organographie fait connaître les organes fondamentaux, qui sont aussi ceux sur lesquels se fonde la nutrition des individus. Ce sujet, très-complexe par lui-même et lié avec tous les phénomènes, aurait pu être très-développé : j'ai cherché au contraire à le réduire à ce qu'il a d'essentiel, afin de le rendre plus clair; j'ai donc rejeté dans les livres suivans tout ce qui n'était pas strictement nécessaire pour faire comprendre le système général de la nutrition.

Le troisième livre de l'Organographie comprend les faits relatifs à la structure des organes de la reproduction. Celui de la Physiologie comprend ceux relatifs à leurs fonctions, et j'ai eu soin d'en élaguer de même tous les détails qui ne sont pas strictement liés aux moyens par lesquels l'espèce tend à se reproduire.

Dans le quatrième livre de l'Organographie, j'ai réuni tous les faits relatifs à la structure des organes produits par le développement ou la métamorphose de ceux qui servent originairement ou à la nutrition ou à la reproduction. Dans le quatrième livre de la Physiologie, j'ai de même réuni tous les phénomènes qui sont des accessoires de la nutrition ou de la reproduction, et qui s'appliquent indiffé-

remment aux organes de ces deux fonctions, tels que la soudure, la coloration, la direction, etc., des parties.

Ce livre aurait pu sans difficulté comprendre tous les faits que j'avais à dessein évité d'introduire dans l'exposé méthodique de la nutrition et de la reproduction; mais il m'a paru qu'il était nécessaire de les considérer sous un autre point de vue, et j'ai consacré un cinquième livre à l'examen de l'influence que les agens extérieurs exercent sur les végétaux : j'y ai envisagé l'action de ces agens dans ses rapports avec les améliorations et les dérangemens qu'ils peuvent produire dans la végétation; ce qui m'a donné l'occasion d'indiquer les principes de la nosologie végétale, et une partie de ceux de la botanique agricole et de la géographie botanique. Ce livre, plus pratique que les précédens, contient un grand nombre d'applications de la science physiologique à la culture des plantes.

Enfin, de même qu'en terminant l'Organographie, j'avais tenté de signaler les points de la structure végétale qui me paraissaient exiger de nouvelles recherches, ici, et à plus juste titre, je termine cet ouvrage par l'indication sommaire des recherches par lesquelles les chimistes, les physiciens, les agriculteurs, les voyageurs et les botanistes peuvent concourir à éclairer l'histoire des fonctions des plantes. J'indique dans cette sorte

d'agenda physiologique un grand nombre de questions que dès long-temps je m'étais adressées à moi-même, et de la solution desquelles j'espérais m'occuper un jour; mais les années qui sont écoulées commencent à me faire mieux comprendre la vérité de l'ancien adage, que l'art est long et la vie courte; d'ailleurs, le vif désir que j'ai de pouvoir terminer le Prodromus, soit l'énumération méthodique des végétaux, réclame tout mon temps; je pense donc être plus utile à la science en livrant à la recherche des amis de la physiologie tous mes doutes, tous mes soupçons, tous mes plans de recherches, plutôt qu'en les réservant pour des travaux futurs, que peut-être je n'aurais pas le temps d'exécuter.

Je n'ai pas craint, dans cet ouvrage, de montrer à découvert les doutes que je conserve sur une multitude de points de la physiologie végétale; car il est peu de sciences où le doute soit plus nécessaire; il en est peu où l'on puisse mieux dire avec un romancier philosophe, que *le point d'interrogation est la clef de toutes les sciences*. Je sais qu'il est des personnes qui ont une espèce d'horreur pour cet état d'indécision, et qui, pour l'éviter, aiment à embrasser des hypothèses hardies, au risque même d'admettre des erreurs. Je m'étonne peu de cette disposition d'esprit, lorsque je vois presque partout l'éducation scolaire bornée

aux études qui admettent le moins l'emploi du doute, les langues, les mathématiques, etc. Dès qu'on vient à quitter ces études, et qu'on arrive à se mesurer avec les sciences complexes, on ne tarde pas à s'apercevoir que tous les objets ont un grand nombre de faces, et qu'il faut renoncer à l'esprit affirmatif de la première instruction. On pourrait peut-être prouver, si c'en était ici la place, que toutes les erreurs accréditées dans le monde sur les sciences sociales et naturelles tiennent à ce qu'on a trop accoutumé la jeunesse aux sciences les plus positives, et point assez à celles où il faut peser un grand nombre d'argumens contradictoires. La logique de ces dernières études est plus difficile peut-être; mais elle s'applique mieux que celle des sciences affirmatives à la conduite ordinaire de la vie. Il serait aussi piquant de montrer, si c'en était ici le lieu, combien il existe de rapports dans la logique des études relatives au corps social ou au corps organisé, à l'économie rurale et à la médecine, etc. La physiologie, comme l'économie politique, a besoin de documens tirés d'une foule d'études diverses. C'est ce qui fait à la fois et son charme et sa difficulté.

J'ai tâché dans cet ouvrage de réunir le plus possible de faits, d'observations et d'expériences relatives à la vie des végétaux, afin de les coordonner avec quelque précision; mais, dans chacune de ces données, j'ai réduit son exposition à

ce qui est rigoureusement relatif au point de vue sous lequel je la rapporte. On pourra croire que ces citations sont incomplètes, tandis que je divise à dessein certaines narrations pour ne pas entremêler des objets hétérogènes. On pourra blâmer aussi des répétitions plus apparentes que réelles, et qui tiennent à la nécessité de considérer le même fait sous plusieurs rapports. Au reste, tout en citant autant de faits qu'il m'a été possible, je n'ai point dissimulé les doutes que je conserve de temps en temps sur leur authenticité ou leur signification réelle, et j'ai tâché de me conformer au mot profond de Montaigne : « Ce n'est pas assez de compter les » expériences; il les fault poiser et assortir, et les » fault avoir digérées et alambiquées pour en tirer » les raisons et conclusions qu'elles portent (1). »

Parmi les faits que j'ai cru devoir réunir pour former un ensemble, il en est un grand nombre qui se rapportent à la composition chimique des végétaux. Je dois avouer, d'un côté, que, m'étant peu occupé de ce sujet, je n'ai guère fait autre chose que coordonner avec autant de soin qu'il m'a été possible les travaux des chimistes; de l'autre, que la liaison de ces faits avec la physiologie n'est pas toujours bien évidente; mais que, ne sachant à quelle limite m'arrêter, j'ai préféré en donner le

(1) Essais, édit. stéréotyp. de Didot, vol. 4, p. 47.

tableau complet. J'ai fait distinguer dans l'impression, par un caractère plus petit et semblable à celui des notes, les parties un peu accessoires ou qui ne doivent être considérées que comme des dépôts de documens. J'engage les lecteurs à les omettre à la lecture, et à les réserver pour les cas où par des recherches spéciales ils seraient appelés à les consulter.

La physiologie est de toutes les branches de la botanique celle qui se prête le plus agréablement à l'enseignement public, et qui peut-être est le moins faite pour réussir sous forme de livre. On permet à celui qui parle les digressions, les exemples multipliés et quelquefois même répétés sous diverses formes. On exige avec raison plus d'ordre chez celui qui écrit à tête reposée; mais ce désordre apparent est ici un ordre réel : les moindres phénomènes de la vie sont si compliqués, qu'il faut les éclairer sous plusieurs points de vue, si on veut les faire comprendre, et on y est d'autant plus obligé, que la vie ne peut pas encore, comme la structure des êtres, se réduire à un petit nombre de lois. Je réclame donc l'indulgence de mes lecteurs pour ce qu'il y aura d'incomplet et de défectueux dans cet ouvrage; je la réclame, soit à raison des difficultés qu'il m'a présentées dans sa rédaction (1), soit aussi

(1) Je pourrais donner une idée de ces difficultés, en disant que l'ouvrage actuel est la quatrième rédaction totale que j'ai

à raison de l'utilité que, tout imparfait qu'il est, il pourra offrir aux amis de la science. J'ose espérer qu'à force d'indiquer les lacunes, il fera naître des recherches utiles aux progrès de la science, et qu'il dirigera les réflexions des agronomes sur les parties théoriques et générales de l'agriculture ; art immense qui, considéré dans son essence réelle, n'est cependant qu'une application de la physiologie végétale. C'est dire assez le rôle de cette science dans l'ensemble des connaissances humaines.

La Perrière, près Genève, 1er août 1831 (1).

---

faite en ma vie de mon Cours de physiologie, savoir, en 1804, à l'occasion de mon premier cours au collége de France ; en 1812, après mes premiers cours à la Faculté de Médecine de Montpellier ; en 1829, lorsque je préparais les cours de botanique agricole faits au musée de Genève, et enfin actuellement.

(1) Les circonstances où la librairie s'est trouvée en 1831 ont retardé la publication de la plupart des journaux scientifiques ; de sorte que plusieurs des cahiers qui portent une date antérieure à celle que j'indique ici, ont réellement paru long-temps après. Je prie donc qu'on ne m'impute pas les omissions apparentes qui pourront résulter des fausses dates de ces publications.

TABLE DES CHAPITRES.

PREMIER VOLUME.

LIVRE PREMIER.

DE LA VIE VÉGÉTALE EN GÉNÉRAL.

LIVRE II.

DE LA NUTRITION OU DE LA VIE DES INDIVIDUS.

SECOND VOLUME.

LIVRE III.

DE LA REPRODUCTION OU DE LA VIE DE L'ESPÈCE.

LIVRE IV.

TROISIÈME VOLUME.

LIVRE V.

DE L'ACTION DES CORPS EXTÉRIEURS SUR LES VÉGÉTAUX, OU DE L'ÉPIRRÉOLOGIE VÉGÉTALE.

FIN DE LA TABLE DES CHAPITRES.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE.

LIVRE PREMIER.

Considérations préliminaires sur la Vie végétale en général.

CHAPITRE PREMIER.

Considérations générales sur la Physiologie.

J'ai tenté, dans l'organographie, de donner la description des organes des plantes; j'ai fait l'énumération des pièces dont la machine végétale est composée. Cette description d'un mécanisme compliqué a laissé sans doute bien des points à éclaircir et à compléter; mais enfin on conçoit qu'un travail de ce genre est susceptible d'atteindre à la longue à un certain degré d'exactitude et de vérité. Il se présente maintenant à nous des re-

cherches d'un ordre plus difficile et plus délicat : il faut étudier cette machine en mouvement, examiner les forces qui la font agir et les résultats de ces forces. C'est cette étude de l'action des organes qui constitue la physiologie végétale. Ce terme de *physiologie* est assez impropre pour exprimer la science de la vie, car il est synonyme de celui de physique; M. Treviranus a adopté celui de *biologie*, qui serait très-bon, s'il n'avait pas un tout autre sens dans les sciences historiques. J'avais jadis adopté dans mes cours celui de *organodynamie*, ou action des organes, qui exprime clairement l'idée, et a l'avantage d'être symétrique avec celui d'organographie; mais j'ai fini par conserver celui de physiologie, soit parce qu'il est connu et admis, soit parce qu'il tend à indiquer que c'est une partie de l'étude des êtres organisés analogue à la physique. Avant d'entrer dans l'exposition de cette science, quelques considérations générales sur sa nature ne seront peut-être pas inutiles; elles feront comprendre les causes de sa difficulté, et serviront d'excuse générale pour les doutes nombreux qu'on est obligé d'y exprimer.

Toutes les recherches relatives à l'étude de la nature se rangent sous deux grandes divisions (1). Les unes ont pour but de connaître la forme, la matière ou les autres qualités sensibles des corps, de les décrire, de les comparer entre eux; en un mot, de connaître les corps sous le point de vue vraiment matériel. C'est ce qui constitue les sciences purement *descriptives* ou *corporelles*, telles que les diverses branches de l'histoire naturelle

(1) Voy. Théorie élément., introduction, édit. 2e, p. 4.

proprement dite Les autres cherchent à connaître les forces qui agissent sur ces corps, qui changent leur état, et leur impriment des mouvemens variés. Ces études, que je nommerai *dynamiques*, sont beaucoup plus difficiles que les précédentes, car elles se compliquent à certains égards de la nature des corps, et leur but direct, qui est la connaissance des forces, n'est appréciable que par ses résultats, et non dans sa nature intime.

Les forces qui meuvent tous les corps de l'univers peuvent (si l'on fait abstraction de l'action mal connue dans son essence des fluides impondérables) se réduire à quatre : l'*attraction*, qui détermine les phénomènes classés sous le nom général de physiques; l'*affinité*, qui comprend tous les faits chimiques; la *force vitale*, qui est la base de tous les phénomènes physiologiques; et la *force intellectuelle*, qui comprend l'instinct et l'intelligence, et qui est l'origine des faits variés, dont la psychologie (prise dans son sens le plus vaste) cherche à démêler la nature. Les deux premières sont communes à tous les corps de l'univers; la troisième s'applique à tous les êtres organisés et vivans; la dernière paraît l'apanage spécial du règne animal.

On conçoit sans peine que, lorsqu'on a pu rencontrer des corps ou des circonstances dans lesquels une de ces forces agit seule et isolée, on a pu l'étudier avec facilité, et reconnaître les lois de son action. C'est ce qui est arrivé dans l'astronomie : les corps célestes n'étant soumis qu'à une seule force, l'attraction, il a été possible d'en reconnaître les lois et de les soumettre aux calculs les plus rigoureux.

Mais quand on a voulu étudier les corps bruts ter-

restres, on n'a pas tardé à reconnaître que, s'il est des cas où ils ne sont soumis qu'à l'attraction et à ses conséquences, il en est d'autres très-nombreux où on les voit dominés par une autre force, que nous nommons affinité. La complication de ces deux causes d'action, la limite qui les sépare, l'appréciation de leurs effets réunis ou distincts, a donné à la chimie des difficultés particulières. Si l'affinité est une fois réduite à des lois calculables, comme celles de l'attraction (supposition que la théorie des proportions déterminées semble justifier), on pourra espérer d'atteindre dans l'étude des corps bruts terrestres, à une exactitude analogue à celle avec laquelle nous connaissons les mouvemens des corps célestes. Mais chacun sait que, malgré les beaux travaux par lesquels l'illustre Berzélius a tenté de soumettre les lois de l'affinité à des règles simples, nous en sommes encore bien éloignés, surtout pour les matières organiques.

Si la marche et l'enchaînement logique des idées théoriques étaient les seuls guides des travaux de l'intelligence humaine, il semble que tous les efforts des savans auraient dû tendre d'abord à décrire les corps de la nature, puis à étudier les forces qui les meuvent dans l'ordre de leur complication; et qu'ainsi, on devrait se borner aujourd'hui dans les études dynamiques à débrouiller tout ce qui tient aux complications de l'attraction et de l'affinité, avant de passer outre. En effet, de même que l'affinité n'a pu être bien comprise que quand la loi de l'attraction a été posée, de même la force vitale ne pourra être exactement comprise qu'à l'époque où toutes les conséquences de l'affinité seront développées. Les faits de la nature organique qui ne

pourront rentrer ni dans les lois de la simple physique, ni dans celles de la chimie, dépendront de ce que nous appelons la force vitale; et si celle-ci était entièrement connue, tout ce qui dans le règne animal ne pourrait pas s'y rapporter serait du domaine de la force intellectuelle.

Mais il est évident que nous ne pouvons, que nous ne devons même pas suivre une marche si lente. Les êtres organisés sont d'une trop grande importance dans le monde pour que nous puissions patiemment attendre des siècles pour connaître les forces qui les meuvent, et réserver pour nos descendans l'étude rationnelle de l'intelligence ou de la vie. Nous avons donc voulu faire marcher de front toutes les études, à peu près comme un architecte qui voudrait bâtir à la fois les quatre étages d'une maison dont le plan total ne lui serait même qu'imparfaitement connu. Qu'est-il arrivé? C'est que nous avons fréquemment rapporté à l'intelligence des faits qui dépendaient de la simple force vitale, et à celle-ci des faits que l'affinité devait expliquer. Les limites de ces sciences sont donc cachées à nos yeux, et les complications fréquentes des forces rendent leur étude très-difficile.

Que sera donc la force vitale dans cette manière de considérer les sciences dynamiques? Ce sera celle qui, propre aux corps organisés pendant leur vie seulement, et commune à tous, y détermine les phénomènes que, d'un côté, on ne peut rapporter ni à l'attraction, ni à l'affinité, et que, de l'autre, on ne peut supposer être l'apanage de la force intellectuelle.

Les êtres organisés sont, comme tous les corps de

la nature, soumis à l'action des forces physiques et chimiques. Il faut donc dans chaque fait examiner, 1° s'il n'est point une conséquence directe de l'action de ces forces réunies ou séparées; 2° s'il n'est point une conséquence de ces forces modifiées par la structure même du corps. Dans le premier cas, le fait rentre dans la classe des faits physiques ou chimiques simples; dans le second, il appartient à ce que nous nommons *propriétés des tissus*, c'est-à-dire, propriétés qu'on peut considérer comme non vitales, mais qui sont des conséquences de la structure des corps vivans. Les faits qui ne rentreraient ni dans l'une ni dans l'autre de ces catégories, sont les conséquences directes de cet état mystérieux que nous appelons la *vie*. La distinction de ces trois classes de faits est très-délicate dans la pratique, et elle est cependant la base de la vraie physiologie.

L'expérience montre qu'il y a deux écueils à éviter. Les uns, préjugeant trop de l'action des forces physiques ou chimiques, et assimilant trop complétement des phénomènes plus ou moins analogues, n'ont voulu voir dans la vie que des résultats d'attraction et d'affinité. Ainsi on a vu Tournefort comparer l'accroissement des plantes à celui des minéraux, et Mallebranche confondre l'organisation des animaux avec celle des machines. D'un autre côté, certains physiologistes, trop frappés des caractères que présentent les phénomènes vitaux, ont cru que la vie modifiait tout, et que les lois de l'attraction et de l'affinité ne devaient être comptées pour rien dans son étude. Ainsi Barthez a fait de la physiologie une espèce de métaphysique, où l'on se dispense de chercher la cause des faits, et où l'on se contente trop souvent de mots vides de sens en guise d'explications.

Il est vraisemblable qu'ici, comme dans tant d'autres cas, la vérité gît entre les deux extrêmes. Nous devons, ce me semble, rapporter avec soin aux faits physiques et chimiques toute la partie de l'histoire des êtres organisés qui en est susceptible, mais sans forcer les explications, sans dénaturer les lois connues dans les corps bruts. Ce qui échappera à cette première classe d'explications sera propriété de tissu ou propriété vitale. Ici nous aurons à examiner si le fait se conserve intact après la mort, ou s'il ne dure que pendant la vie. Dans le premier cas, nous le considérons comme propriété de tissu; dans le second, comme propriété vitale. Mais nous ne nous dissimulerons point qu'il existe une liaison intime entre la structure du tissu et la nature de la vie. La vie, en effet, résulte-t-elle des formes des êtres, ou la forme des êtres résulte-t-elle de la vie? Problème insoluble, comme tous ceux qui tiennent à l'essence des choses!

Que si l'on vient à croire que la physiologie mérite peu d'intérêt, parce que la nature de la vie ne nous est pas connue, je demanderai si nous en savons davantage des autres forces naturelles. Connaissons-nous l'essence de l'attraction, et ne trouvons-nous pas un puissant intérêt et une immense utilité à connaître les lois d'après lesquelles elle agit? Connaissons-nous l'essence de l'affinité, et n'avons-nous pas cependant trouvé déjà bien des explications importantes, déduites de la connaissance encore imparfaite de ses lois? Il en est de même de la force vitale. Nous ignorons son essence; nous connaissons ses lois moins bien que celles de l'affinité, parce qu'elles sont plus compliquées; mais leur étude pique

vivement la curiosité, et leurs conséquences offrent beaucoup d'intérêt.

Quant à la distinction de la force vitale et de la force intellectuelle, cette difficulté est grande dans ce qui tient au règne animal; elle est comme nulle dans la physiologie végétale; et celle-ci offre même cet intérêt et ce moyen d'éclairer la physiologie animale, qu'en nous occupant d'êtres doués de vie, et probablement dépourvus de toute action intellectuelle, elle nous montre ainsi la force vitale dans l'état de la plus grande simplicité possible, et nous prépare par-là à distinguer dans les animaux la vie qu'on y a appelée végétale de la vie animale proprement dite.

La physiologie des végétaux, comparée à celle des animaux, présente des points de ressemblance nombreux et importans; on doit les apprécier, mais on doit craindre de les exagérer; car ces assimilations entre deux sciences voisines ont, selon qu'elles ont été faites avec plus ou moins de sagacité, tantôt avancé, tantôt retardé la marche de celle des deux études qui, étant venue la dernière, a le plus subi l'influence de l'imitation.

Il est des branches où la physiologie animale est la plus avancée. Ce sont celles où la connaissance détaillée de l'anatomie interne est la plus nécessaire; celles où la connaissance instinctive que l'homme possède sur la nature animale dont il fait partie, pouvait l'éclairer et le guider (1); celles enfin où la rapidité de certains phéno-

---

(1) Ainsi, en zoologie, on a su sans étude l'emploi de presque tous les organes externes des animaux, et surtout des mammifères, tandis qu'il a fallu des siécles aux botanistes pour reconnaître le rôle des pistils, des étamines, etc.

mènes de la vie animale pouvait permettre d'en apprécier plus facilement les résultats.

Il est d'autres parties de la science où la physiologie végétale a fait de son côté plus de progrès : ce sont celles qui tiennent à l'action chimique des matières nécessaires à la nutrition, parce que ces matières y sont moins variées et moins compliquées que dans le règne animal; celles qui se rapportent à l'action des agens extérieurs sur les végétaux, parce que cette action, étant plus considérable, a pu être mieux appréciée; celles enfin où les expériences ont été plus faciles sur les végétaux que sur les animaux, parce qu'on n'y avait pas à lutter contre l'action de la douleur, qui dénature tant de faits relatifs à la physiologie animale.

Ces deux études peuvent donc s'entr'aider, en ce que chacune d'elles fournit des données à l'autre sur les parties où elle est elle-même plus accessible.

CHAPITRE II.

Des Propriétés du tissu des Végétaux.

§ 1. Généralités.

Les êtres organisés et les végétaux en particulier présentent, en tant que corps matériels, toutes les propriétés générales de la matière : ainsi, il est inutile de dire qu'ils sont impénétrables, qu'ils sont pesans, qu'ils sont élastiques, qu'ils sont composés de parties intégrantes et de parties constituantes, etc. Tout ce qu'on peut ajouter sur la matière en général leur est applicable ; mais leur tissu étant fort différent de celui des corps bruts, il en résulte que les mêmes propriétés s'y présentent avec certaines particularités qui leur sont propres, et que certaines propriétés qui leur sont spéciales jouent un rôle important dans leur histoire.

On peut distinguer trois sortes de matières dans les corps organisés : 1° des liquides, qui sont ou pompés par eux ou formés par eux, qui leur apportent la nourriture ou qui en exportent le superflu ; 2° des matières plus ou moins solides déposées par la marche même de ces liquides dans diverses places du corps ; 3° le tissu même de ce corps, qui en fait comme l'essence ou la charpente. Les liquides sont mus, soit par des causes physiques ou chimiques, soit par l'action même du tissu, qu'ils déterminent souvent par leur propre nature. On peut les con-

sidérer comme étrangers à ce tissu, et comme n'étant pas doués de la vie proprement dite; car les liquides isolés ne forment point le tissu, tandis que le tissu appelle à lui, dirige et développe les liquides. Les matières déposées se confondent avec les liquides, en tant qu'elles en ont fait primitivement partie, et qu'elles peuvent quelquefois être matériellement séparées du tissu vivant; mais, d'un autre côté, certaines molécules finissent par s'incorporer dans ce tissu de manière à en faire partie, de telle sorte que le tissu organique semble être une espèce de réseau invisible et préexistant (1), dans lequel se déposent graduellement et duquel s'échappent à la longue certaines molécules qui, avant et après l'époque où elles en ont fait partie, sont de la matière brute, et qui participent aux propriétés de la vie tant qu'elles sont enchâssées dans ce réseau.

Nous ne connaissons point celui-ci complétement dépouillé de ces molécules; mais pour arriver à nous en faire une idée, nous cherchons ce qui lui est essentiel, indépendamment de la nature propre des molécules qu'il peut recevoir, et nous faisons abstraction, autant qu'il est en nous, de leur nature matérielle, pour n'examiner que leur rôle physiologique. La nature plus ou moins hétérogène des liquides végétaux, le nombre et la qualité des matières déposées dans les cavités du tissu, pourront bien déterminer les qualités sensibles des corps, telles que la mollesse, la dureté, la saveur, l'odeur, la couleur, etc; mais les qualités propres au tissu dépouillé, autant que nous le pouvons par la pensée, de ces qualités

(1) Théor. élém., p. 9.

accessoires, c'est ce que nous entendons par les *propriétés du tissu* des corps organisés. Que des molécules terreuses soient déposées dans les cavités du tissu cellulaire des os des animaux, que des molécules ligneuses soient déposées dans les cellules du bois des végetaux, voilà des causes qui changeront leurs qualités sensibles, mais qui tendront à nous masquer les vraies propriétés des tissus considérés en eux-mêmes. Ainsi, lors même que ces tissus sont en définitive formés d'un genre particulier de dépôt, ce dépôt y est si intime, que nous devons les considérer indépendamment des liquides ou des matières solides qu'ils renferment. Le tissu végétal, considéré sous ce rapport, présente trois propriétés qui méritent quelque attention, savoir : l'extensibilité, l'élasticité, et surtout l'hygroscopicité.

§. 2. Extensibilité.

Tous les tissus organiques ont à des degrés divers la propriété de s'étendre par l'effet même de leur accroissement. Cette propriété est d'autant plus prononcée, qu'ils ont reçu une moins grande quantité de dépôts étrangers : à mesure que le dépôt des molécules étrangères augmente, à mesure aussi la solidité du réseau augmente, et son extensibilité diminue. Celle-ci vient enfin à cesser à une époque donnée de son existence. Ainsi l'extensibilité n'est point indéfinie : si nous suivons le développement d'une branche, nous voyons sa cuticule s'étendre pendant quelque temps; puis elle se rompt et est remplacée par un épiderme; un ovule peut de même prendre un certain degré d'extension, lorsqu'il

devient graine; mais quand celle-ci a atteint sa grandeur, la moindre distension ultérieure qu'elle éprouve fait rompre son enveloppe. Il en est de même de tous les cas où nous pouvons suivre un organe; et si les végétaux semblent s'accroître indéfiniment, c'est qu'ils sont successivement formés d'organes nouveaux surajoutés aux anciens; de nouvelles cellules, de nouveaux tubes, se développent sans cesse, et les anciennes parties arrivent tôt ou tard, comme le bois ou l'écorce, à cet état inerte où ils ne peuvent plus s'étendre. La cessation absolue de l'extensibilité paraît pour chaque organe donné l'époque de sa mort; de sorte que cette propriété pourrait être aussi bien, sous ce rapport, classée parmi les propriétés vitales que parmi celles du tissu.

§. 3. Élasticité.

L'élasticité du tissu végétal est cette propriété par laquelle chaque membrane tend à reprendre sa place, lorsqu'une impulsion quelconque l'en a dérangée. Elle suppose un certain degré de rigidité, et par conséquent elle est moins sensible quand le tissu, ayant reçu peu de dépôts, est encore à demi-fluide, que lorsqu'il en a reçu une certaine quantité. Cette propriété mérite d'être mentionnée, parce qu'elle détermine certains mouvemens qu'on pourrait croire vitaux. Elle est très variable dans son intensité et dans ses effets. Tout le monde a remarqué qu'une tige, une branche ou une feuille dérangée de sa direction, la reprend d'elle-même; mais il est quelques cas où il n'en est point ainsi : le *dracocephalum moldavicum* offre des pédicelles qu'on peut déranger de leur di-

rection naturelle, et qui restent dans celle qu'on leur a donnée. Cette plante a par ce motif reçu le nom de *cataleptique* (1), parce que ce phénomène semble analogue à la maladie de la catalepsie. Il paraît tenir au très-faible degré de l'élasticité dont ce pédicelle est doué.

Les mouvemens élastiques des plantes sont quelquefois déterminés par des dispositions générales d'organes, qui, une fois dérangées, ne peuvent plus se représenter. Ainsi, on sait que les quatre étamines des pariétaires ont leurs filets courbés du côté interne avant la floraison; lorsque celle-ci avance et que les filets grandissent, il arrive un moment où, par leur alongement même, ils ne se retiennent plus les uns les autres, et se débandent avec force; ce débandement est facilité par la naissance de petits tubercules sur le côté interne du filet; lorsqu'il s'exécute, les anthères, ébranlées par ce mouvement élastique, lâchent leur pollen; les filets meurent, et le mouvement ne peut se répéter. Il en est de même des corolles des indigotiers : leur carène est retenue de chaque côté par les ailes au moyen de crochets enchâssés dans des cavités correspondantes; le développement des parties écarte graduellement ces organes, et il vient un moment où les crochets sortent des cavités : alors la carène se déjette avec élasticité vers le pédicelle, et périt peu après. Dans les deux cas que je viens de citer, on peut déterminer ces mouvemens élastiques en déplaçant mécaniquement les organes, savoir, en aidant au déploiement des filets de la pariétaire, ou en sortant les crochets de l'indigotier de leurs cavités. Il en est de même du débandement

(1) Collect. academ., 3, p. 494.

élastique des coques des euphorbes, des capsules de la balsamine, etc. : ce sont des arcs qui, une fois débandés, ne peuvent plus montrer leur élasticité, parce que l'appareil est dérangé.

Tous ces faits sont bien des conséquences de la disposition des parties, qui est liée à la vie, mais ne peuvent être entièrement confondus avec les mouvemens qui sont dus à de véritables propriétés vitales.

§. 4. Hygroscopicité.

L'hygroscopicité est cette propriété de certains corps de s'emparer de l'humidité ou de l'eau ambiante. Elle existe dans un grand nombre de corps, soit bruts, soit organisés; mais elle offre des différences prononcées dans son intensité et dans ses résultats. Ainsi, celles des matières inorganiques qui, comme certains sels appelés *déliquescens*, sont éminemment hygroscopiques, finissent par absorber une si grande quantité d'eau, que leurs propres molécules se dissolvent dans l'eau absorbée, et que le corps se fond, pour ainsi dire, par sa propre action hygroscopique. L'hygroscopicité des corps organisés ne produit point un pareil effet, parce qu'elle est bornée par leur nature propre : ainsi, les cheveux, les fanons de baleines et autres matières animales douées d'hygroscopicité, ont pu être employées à mesurer la quantité d'eau contenue dans l'air, parce que leur propre nature, restant toujours la même, peut en absorber long-temps sans se déranger. Il en est de même des matières végétales, dont plusieurs présentent cette propriété à un de-

gré très-éminent, et ont pu, ainsi que les précédentes, être employées comme hygromètres.

En général, le tissu végétal est d'autant plus hygroscopique, qu'il est moins chargé de molécules étrangères à sa nature : ainsi, les membranes ou expansions scarieuses qui, par suite d'un défaut de nourriture, présentent très-peu de dépôts dans leur tissu, offrent au plus haut degré la faculté d'absorber l'eau ambiante; les poils scarieux de l'aigrette des composées, les barbes des géraniacées et des graminées, les dents des péristomes des mousses, les chevelures des graines des apocinées, etc., sont des organes éminemment hygroscopiques; les extrémités récemment développées des racines ou les spongioles qui n'ont point encore reçu l'endurcissement formé par le dépôt des molécules, présentent la même propriété. On la retrouve aussi dans le tissu ligneux, et surtout dans celui de l'aubier. Le corps ligneux est, sous ce rapport, très différent de l'écorce : celle-ci, qui présente une proportion bien plus grande de carbone et de matières terreuses, offre très peu d'hygroscopicité, tandis que le corps ligneux, dès qu'il est mis à nu, s'imbibe de l'humidité ambiante avec facilité. C'est ainsi que des troncs de saule, coupés en travers et exposés à l'air, y pompent quelquefois de l'humidité au point de pouvoir pousser des branches. Il résulte de cette absorption d'eau une dilatation du corps ligneux, qui par cela se serre, pour ainsi dire, lui-même dans l'anneau cortical. C'est par suite de ce phénomène que les sucs gommeux contenus dans l'écorce et sous l'écorce sont chassés au-dehors quand le bois est gonflé par l'humidité. On voit des exemples de ce fait dans la manière dont la gomme adra-

gante sort des astragales ligneux, dont les autres gommes sortent des acacias ou des amygdalées, dont la pulpe de la némaspore est chassée hors de l'écorce des hêtres, etc. Dans tous ces cas, c'est le renflement du corps ligneux qui presse les matières demi-liquides contenues dans l'écorce, et qui les chasse au-dehors. Nous ne voulons point entrer ici dans le détail de tous les faits qui se rapportent à l'hygroscopicité végétale, mais seulement constater son existence comme propriété de tissu.

Les résultats qu'elle exerce se présentent sous trois aspects principaux.

Lorsqu'elle agit sur des corps filiformes susceptibles de se tordre en spirale, l'effet de l'humidité absorbée est de les détordre; et celui de la sécheresse d'accroître leur torsion. Ainsi, les barbes des *pelargonium* et les arêtes de plusieurs graminées, telles que les *avena* et les *andropogon*, se tordent en spirale lorsqu'elles se dessèchent, et se détordent par l'humidité.

Lorsqu'il s'agit de membranes planes, le côté humecté s'alonge un peu, et le côté qui est le plus sec semble par conséquent se raccourcir. C'est ainsi que si l'on place sur la main, ou sur toute autre partie du corps, une membrane desséchée d'*ulva*, on voit celle-ci soulever ses bords, et former une courbe creuse du côté supérieur. C'est sans doute au même mécanisme qu'il faut rapporter ce qui se passe dans les dents des péristomes des mousses, qui s'étalent par la sécheresse, et se dressent par l'humidité; dans les barbes des fruits de *geranium*, qui se courbent en crosse ou dans un seul plan, et non en spirale; dans les poils des aigrettes et des chevelures, qui s'étalent en se desséchant, et se dressent

en s'humectant ; enfin, dans la plupart des capsules, dont les valves s'étalent par la sécheresse, et se dressent ou restent dressées par l'humidité.

Un troisième cas, qui semble l'inverse du précédent, est celui des plantes qui s'étalent par l'humidité, et se ferment par la sécheresse. Ainsi, l'*anastatica*, si improprement appelée *rose de Jéricho*, étale toutes ses branches lorsqu'elle est humectée, et les resserre quand elle se dessèche. Cet effet se reproduit à volonté sur la plante morte et dépouillée d'écorce, et les valves mêmes du fruit s'étalent par l'humidité, et se contractent par la sécheresse. M. Defrance a vu de même que les valves des onagres s'ouvrent par l'humidité, et se contractent par la sécheresse.

Dans le second cas, qui est le plus ordinaire, la contraction produite par la dessiccation s'exerce sur la partie externe des valves, la raccourcit et les force à s'ouvrir quand elles se sèchent. Dans la dernière classe, la contraction produite par la sécheresse semble s'opérer sur la face interne, et déterminer un effet inverse du précédent, mais beaucoup plus rare.

Les trachées, mises à nu, présentent des mouvemens d'élasticité et d'hygroscopicité combinés ensemble : elles se débandent comme un ressort à boudin ; et lorsqu'on les soumet à des alternatives de sécheresse et d'humidité, on les voit resserrer ou écarter les tours de leurs spires.

Tous ces divers faits, dont on pourrait indéfiniment multiplier les exemples, ne doivent point être attribués à des causes vitales; car on les voit se continuer et se produire à volonté sur des végétaux morts. Ainsi, lors même qu'on les voit s'exécuter pendant la vie, on doit

néanmoins les rapporter aux simples propriétés de tissu.

Senebier est le naturaliste qui a le plus insisté sur les phénomènes d'hygroscopicité que les végétaux présentent, et il a cité à cet égard un grand nombre de faits ; mais il faut avouer qu'il a beaucoup exagéré l'effet de cette force, en voulant la substituer à toute autre dans l'explication de l'ascension de la sève et de la plupart des phénomènes les plus actifs de la végétation. Les seuls faits, si triviaux et si avérés, que la sève monte dans les plantes qui vivent dans l'eau, et qu'elle ne monte pas dans les végétaux morts, auraient dû suffire pour lui prouver l'exagération de l'importance qu'il attribuait à l'hygroscopicité.

L'hygroscopicité des tissus organiques peut être considérée comme un cas particulier de la capillarité. L'eau, en effet, pénètre dans les fissures ou pores imperceptibles de ces tissus, par une cause semblable à celle qu'on désigne en physique sous le nom d'action capillaire. Mais, malgré cette identité originelle, je distinguerai dans la suite la capillarité et l'hygroscopicité. Sous la première de ces dénominations, je distinguerai la force ou l'action par laquelle l'eau pénètre entre des lames ou dans des tubes visibles au moins au microscope, comme, par exemple, lorsqu'elle s'élève dans un vaisseau ou entre deux membranes. Je réserve le nom d'hygroscopicité aux cas très-fréquens où l'eau s'imbibe dans un tissu ou une membrane, sans que les plus forts microscopes y fassent apercevoir des fentes ou des pores quelconques. L'emploi de ces deux termes est conforme à l'usage des physiologistes, et je me borne ici à faire remarquer que ce ne sont pas en réalité deux forces distinctes, mais deux

degrés ou deux cas différens d'un même phénomène.

La force hygroscopique de certaines parties du tissu végétal est tellement régulière et assez tenace après la mort, pour qu'on ait essayé d'en faire des hygromètres, comme on l'a fait avec le cheveu ou le fanon de baleine. Ainsi, Roussel a comparé avec le cheveu des lanières de fucus (1) exposées à l'air, et a trouvé que, tandis que la différence d'alongement ou raccourcissement dans un lieu donné était pour le cheveu de 8 millimètres, celle d'une lanière de *fucus tendo* était de 50, de *fucus digitatus* de 78, de *fucus loreus* de 90, et enfin de *fucus saccharinus* de 170. Il assure avoir fait un hygromètre très-sensible avec ce dernier varec. J'ai moi-même éprouvé que l'étalement ou le redressement des barbes de l'aigrette d'une scorzonère pouvait très-commodément servir d'hygromètre, ou tout au moins d'hygroscope ; et, dans ces dernières années, un physicien anglais, établi à Calcutta, était parvenu à faire un hygromètre assez exact avec les barbes d'un andropogon, dont il mesurait l'alongement et le raccourcissement. J'ignore si ces matières végétales ont dans la pratique de l'hygrométrie quelques avantages sur les matières animales ; je me borne à citer ces faits comme preuve de la régularité de cette propriété de tissu.

(1) Journ. des Mines, vol. 12, p. 164. Je cite ces faits d'après cet auteur, sans les garantir.

CHAPITRE III.

Des Propriétés vitales des Végétaux.

Sans prétendre décider si la force vitale est une, et se modifie selon la nature des organes, ou si elle est réellement multiple, on a coutume, en l'étudiant dans le règne animal, de la distinguer en plusieurs propriétés relatives aux diverses classes d'organes. Ainsi, on appelle (1) *excitabilité* cette propriété par laquelle le tissu cellulaire, base de tous les organes nutritifs, perçoit pendant la vie certaines impressions des corps extérieurs, autrement que ne le font les corps bruts, et qu'il ne le ferait lui-même après la mort. On appelle *irritabilité* la propriété des fibres musculaires de se contracter lorsqu'elles sont irritées par un agent mécanique ou chimique; et on donne enfin le nom de *sensibilité* à la propriété qu'a la pulpe nerveuse de percevoir les impressions et de transmettre les ordres de la volonté.

Dans le règne végétal, ces distinctions sont très-difficiles à établir, et même très-douteuses, à cause de l'homogénéité du tissu. Essayons d'étudier jusqu'à quel degré on peut admettre que ces propriétés se retrouvent dans le tissu végétal.

---

(1) Voy. Cuvier, Règne animal, Introduction.

§. I. Excitabilité.

Que le tissu des plantes soit doué pendant sa vie d'une propriété analogue à ce que nous nommons excitabilité, c'est ce dont il me paraît impossible de douter : ce tissu, exposé à l'action des corps extérieurs pendant qu'il est animé par la vie, résiste à l'action dissolvante de l'eau bien plus énergiquement que lorsqu'il est mort. Il supporte l'action de l'air, celle de la chaleur, celle de la lumière, d'une manière tout-à-fait différente pendant la vie et après la mort : il y a donc une force particulière indépendante de la forme et de la nature matérielle du tissu, à laquelle il faut rapporter ces différences.

Un grand nombre de phénomènes généraux, communs à tous les végétaux, concourent encore à prouver ces différences, et ne peuvent s'expliquer sans l'admission de l'excitabilité vitale. La sève monte avec énergie dans les végétaux vivans, et son ascension ne peut être comparée avec l'imbibition lente et graduée de l'eau dans ce même tissu dépouillé de vie. La lumière a une grande action et sur l'ascension de la sève, et sur la quantité d'eau exhalée par les feuilles vivantes, tandis qu'elle ne paraît en avoir aucune sur les mêmes organes après la mort; les feuilles vivantes décomposent par son intermédiaire le gaz acide carbonique; mortes, elles n'ont plus d'action sur lui. Les transformations chimiques qui se font pendant la vie dans le tissu végétal, sont tout autres que celles qui s'opèrent par l'effet des agens extérieurs dans les végétaux morts, et souvent ces dernières sont en sens contraire des premières. Le développement en longueur

et en largeur, l'orgasme qui précède la fécondation elle-même, le rappel de la vie active de l'embryon endormi dans la graine, sont autant de phénomènes que nous ne saurions rapporter à aucune des causes purement physiques, et que, soit par l'analogie avec le règne animal, soit par l'étude directe des végétaux, nous ne pouvons rapporter qu'à l'excitabilité vitale.

L'analogie qui résulte de l'ensemble des corps organisés confirme cette opinion. Les limites naturelles des deux règnes sont très-difficiles à fixer; et tandis qu'on peut à peine décider si certaines cryptogames ou certains zoophytes sont des végétaux ou des animaux, il serait trop inconséquent d'imaginer que les uns fussent doués d'excitabilité vitale, et les autres complétement dépourvus de cette faculté. La vie, dont l'excitabilité est la propriété fondamentale, est donc liée à la structure organique d'une manière intime : c'est ce qu'ont senti les naturalistes; de telle sorte que, dès les temps d'Aristote jusqu'aux nôtres, les termes de corps organisés et de corps vivans leur ont paru synonymes (1).

L'essence de la vie paraît résider dans cette possibilité d'action dont le tissu est animé. Nous ne voyons pas

---

(1) Césalpin commence son admirable livre *de Plantis*, en parlant du genre d'*âme*, c'est-à-dire de vie, qui est propre aux plantes. Linné inscrit en tête de sa Philosophie : Les végétaux croissent et *vivent*. J. de Gorter commença le premier, ou l'un des premiers, à rechercher avec quelque soin la sorte d'action vitale propre aux végétaux, etc. Au milieu de cette uniformité de tous les siècles, il est curieux de voir un moderne laisser entendre qu'il est le premier qui ait découvert que les végétaux étaient des êtres vivans!

dans le tissu des animaux les modifications par lesquelles ce tissu résiste à l'action des corps extérieurs, ou détermine certains changemens de grandeur, de consistance, soit en lui-même, soit dans les liquides sur lesquels il agit; nous ne les voyons pas, et nous sommes forcés à les admettre. Il en est de même du tissu végétal : son excitabilité est moindre peut-être que celle des animaux; mais elle est de même ordre, et sa ténacité, sa durée semblent compenser sa moindre activité. Nous ne savons pas par quels procédés elle agit; mais nous ne le savons pas davantage dans le règne animal, et tout ce que nous pouvons dire, c'est que le tissu est doué d'une force particulière, de laquelle il paraît qu'il peut résulter des modifications et des mouvemens souvent imperceptibles pour nos sens, mais que nous jugeons par leurs résultats. Lors donc que nous aurons épuisé l'examen de toutes les causes physiques et chimiques connues qui peuvent déterminer une certaine action, la portion du phénomène qui restera inexpliquée devra se rapporter à cette cause plus occulte, mais très-réelle, la vie ou l'excitabilité vitale.

Ceux qui ont cherché à établir que le fluide électrique était l'agent de la vie, soit dans les animaux, soit dans les plantes, me paraissent encore bien loin d'avoir ébranlé l'idée générale du principe vital. D'un côté, la plupart se fondent sur des données vagues et générales qui sont presque entièrement dénuées de preuves, comme on peut s'en convaincre en lisant leurs ouvrages (1); de l'autre,

(1) Gasc, de l'Influence de l'électricité dans la fécondation. Paris, 1813; Du Petit-Thouars, IXe Essai; Bartollon, de l'Electr. végétale, etc.

en supposant même que le fluide électrique ait une action appréciable, qu'est-ce qui la met en jeu? Pourquoi agit-il dans les êtres vivans, et cesse-t-il d'agir dans les êtres morts? Nous l'ignorons. La cause qui met en jeu cette action est ce que nous nommons le principe vital, sans rien affirmer sur son essence.

L'existence de cette force dans le végétal est trop universellement admise pour qu'il vaille la peine d'entrer ici dans de grands détails. Je me hâte d'aborder les points plus controversés de cette discussion.

§. 2. De l'Irritabilité.

Les physiologistes qui s'occupent du règne animal ont remarqué qu'indépendamment de l'excitabilité générale propre à tout le tissu des organes dits végétatifs, les muscles étaient doués d'une susceptibilité particulière; lorsqu'ils sont irrités par des agens mécaniques, chimiques ou intellectuels (la volonté), ils se contractent avec un degré de force et de rapidité prodigieusement plus grand que celui qu'offrent les parties simplement excitables. On a donné le nom d'irritabilité ou d'irritabilité musculaire à cette propriété. Existe-t-elle dans le règne végétal comme propriété distincte de l'excitabilité dans le sens ou dans la limite où les zoologistes la distinguent, ou bien doit-on rapporter à la simple excitabilité les faits qui semblent analogues à l'irritabilité animale? Telle est, ce me semble, la question posée avec le degré d'exactitude qu'elle comporte, et que n'y avaient pas mis jusqu'ici les physiologistes occupés du règne végétal. En ef-

fet, les uns, tels que Lamark (1), Senebier (2), Davy (3), et presque tous ceux qui ont nié l'irritabilité végétale, ont voulu prouver que les faits qu'on y rapporte sont purement mécaniques, ce qui est une erreur évidente; et les autres, tels que Girtanner (4), qui admettent l'irritabilité végétale, la confondent sans cesse avec la vie ou l'excitabilité. Or, il s'agit de savoir si ces faits sont des cas particuliers de l'excitabilité, ou s'il est convenable de les rapporter à une propriété particulière, comme on le fait dans le règne animal. Pour résoudre, s'il est possible, cette question, il faut étudier séparément l'analogie des effets produits par les irritans et celle des organes eux-mêmes.

Des piqûres mécaniques, déterminées sur des organes musculaires, sont les procédés les plus simples et les plus apparens pour mettre en jeu leur irritabilité. Des faits semblables se représentent dans le règne végétal. Si l'on pique avec la pointe d'une aiguille la base interne d'une étamine de *berberis*, on la voit subitement se déjeter sur le pistil. Si l'on pique le faisceau des anthères de plusieurs carduacées et centauriées, on voit ce faisceau tout entier se déjeter vers le centre de la tête. Si l'on pique les étamines de plusieurs *opuntia*, on les voit se déjeter vers le centre de la fleur. Si l'on irrite les poils des feuilles des *drosera*, on les voit se coucher sur la feuille. Si l'on irrite la surface interne des lobes de la feuille de *dionœa*, on voit ces lobes se

---

(1) Encycl. méthod., Botanique, art. Irritabilité.
(2) Encycl. méthod., Physiol. vég.
(3) Chimie agricole.
(4) Journ. de Physique, juin et août 1790.

refermer l'un sur l'autre. Il n'est pas même besoin d'une véritable piqûre pour déterminer ces mouvemens; une simple titillation peut suffire, et, dans d'autres cas, un choc ou une secousse bien légère suffit pour provoquer de grands mouvemens. Ainsi, presque toutes les feuilles des *mimosa*, et surtout celles du *mimosa pudica*, sont mises rapidement en mouvement par un choc très-léger.

Certains agens chimiques, tels que des acides puissans, déterminent sur les parties musculaires des animaux des mouvemens analogues aux piqûres mécaniques. Ainsi on ranime par le contact d'un acide minéral les contractions du cœur d'un animal qui vient de mourir. La sensitive présente un fait qui semble analogue. Si on touche ses feuilles avec une gouttelette d'acide sulfurique ou nitrique, en ayant soin de la placer assez adroitement pour qu'aucun mouvement n'ait lieu par un simple effet mécanique, on voit très-rapidement la feuille replier ses folioles comme par l'effet d'un choc, et toutes les feuilles situées au-dessus d'elle se plier graduellement, celles de dessous restant immobiles.

Ces faits, que je réduis à dessein à leur plus simple expression, et que je décrirai plus tard en détail (liv. IV, ch. VI, §. 2), offrent des analogies qui semblent évidentes avec ceux de l'irritabilité animale. Mais cette irritabilité est l'apanage des muscles. Or, quoi qu'en ait dit Tournefort (1), il est bien reconnu aujourd'hui que rien ne peut recevoir le nom de muscle dans l'organisation végétale. Cette irritabilité dans les animaux se remarque à toutes les époques de leur vie; elle est le plus

---

(1) Mém. de l'Acad. des sciences de Paris, ann. 1692 et 1693.

souvent bornée dans les végétaux à des époques déterminées; elle s'observe dans tous les organes similaires de toutes les classes des animaux, tandis que dans le règne végétal, elle est bornée à quelques cas rares et exceptionnels dans la série des êtres.

D'après ces considérations, je ne puis admettre ni que ces faits tiennent à la même cause que dans le règne animal, ni même qu'on puisse considérer l'espèce d'irritabilité qu'on observe dans les végétaux comme une propriété spéciale; et je suis porté à penser que ces faits se rattachent, comme cas extrêmes, à la simple excitabilité.

Je suis confirmé dans cette opinion en voyant, 1° plusieurs des faits les plus frappans ne faire que répéter l'action produite à l'ordinaire par des agens généraux. Ainsi, un effet particulier de la lumière est de faire ouvrir ou fermer les feuilles de la sensitive, et l'irritation mécanique détermine accidentellement ces mêmes mouvemens.

2°. On remarque que celles des plantes qui par leur organisation sont évidemment les plus voisines du règne animal, sont celles dans lesquelles ces faits, en apparence analogues à l'irritabilité, n'ont pas été observés; on ne les trouve, en général, que dans les plantes les plus éloignées du règne animal par leur structure. Or, si l'irritabilité était une faculté commune à tous les êtres organisés, il serait naturel de la trouver plus développée dans les végétaux les plus analogues aux animaux.

L'irritabilité proprement dite me paraît donc l'apanage d'une classe d'organes qui manque aux végétaux, et

une propriété qui par conséquent leur manque aussi. Mais, de même que dans le règne animal l'excitabilité des organes végétatifs se présente sous une multitude de formes diverses, celle des végétaux présente aussi des degrés et des phénomènes variés. Que si l'on voulait, comme on l'a fait souvent, et comme je l'ai fait moi-même jadis, à l'exemple des auteurs les plus célèbres (1); si l'on voulait, dis-je, admettre le terme d'irritabilité végétale pour ces cas particuliers où l'excitabilité, mise en jeu par des stimulans spéciaux, détermine des mouvemens visibles à l'œil, je n'y verrais d'autre inconvénient que d'employer le même mot dans deux sens différens, et par conséquent de fausser un peu l'ordre naturel des idées pour ceux qui n'ont pas toujours une attention sérieuse au sens des termes.

§. 3. De la Sensibilité.

La question de l'absence ou de l'existence de la sensibilité dans les végétaux a été fréquemment débattue (2), mais le plus souvent, il faut l'avouer, par des argumens tirés de l'imagination ou du sentiment plutôt que par une méthode rationnelle. Ch. Bonnet et Smith, qui ont soutenu la sensibilité des plantes, l'ont fait par un sentiment vague et poétique de leur cœur, et par l'idée qu'il était conforme à la bonté de Dieu de distribuer la connais-

(1) Flor. franç., vol. 1, Princ. de botan.

(2) Voy. Bonnet, Contemp. de la nature; Percival, Trans. de Manchester, vol. 2; Smith, Introd.; Keith, Syst. vég. phys., 2, p. 462-465.

sance et la jouissance de leur propre existence à tous les êtres; tandis que d'autres la repoussaient, en soutenant qu'il était contraire à la bonté de Dieu et presque blasphématoire d'admettre que des êtres fussent doués de la faculté de désirer le bien sans pouvoir l'atteindre, et de sentir le mal sans pouvoir l'éviter. J'avoue que, si de pareils argumens devaient décider la question, je ne balancerais pas à me décider pour cette dernière manière de sentir. Les hamadryades des anciens poètes m'ont toujours paru le comble de la barbarie; mais on conçoit sans peine que ce n'est point par des considérations de ce genre qu'on peut arriver à la vérité.

Les argumens apportés jusqu'ici en faveur de la sensibilité des plantes sont les suivans :

1°. On a peine, dit-on, à comprendre la vie dépourvue de sensibilité; mais à cette assertion vague on répond que le règne animal en présente bien des exemples. La vie de l'épiderme, celle des ongles, des cornes, de la plupart des poils, est une vie tout-à-fait dépourvue de sensibilité, et qui peut faire comprendre la vie végétale.

2°. Il est, dit-on, dans les végétaux vivans des phénomènes que l'on ne peut comprendre sans l'action d'une force sensitive au moins analogue à l'instinct. Ce genre d'argument est dangereux, et l'expérience prouve qu'il a déjà souvent trompé. Ainsi on a dit long-temps que la direction descendante des racines et ascendante des tiges était due à l'instinct végétal; et il paraît prouvé aujourd'hui qu'on peut l'expliquer par des causes physiques (1). On a dit long-temps que la direction des tiges vers la lu-

(1) Voy. liv. V, chap. IV, art. 1.

mière était due à la même volonté qui fait porter les polypes vers le côté le plus éclairé de leur demeure : on sait aujourd'hui que cette direction est une simple conséquence des lois physiques de l'étiolement (1). On avait dit que les racines se dirigent vers le bon terrain par un effet instinctif; et l'on sait aujourd'hui que le fait même est le produit d'une illusion (2). On prétendait que les racines, par une force analogue à l'instinct, choisissaient les alimens qui leur convenaient; et l'on sait aujourd'hui qu'elles pompent indifféremment toutes les matières qui se présentent à elles, pourvu que ces matières jouissent du même degré de fluidité (3). Ces exemples doivent faire penser que, s'il reste dans la physiologie des plantes un certain nombre de phénomènes inexpliqués, il ne faut pas se hâter de les expliquer par une force analogue à l'instinct. Tels sont la direction des deux surfaces des feuilles, la direction des vrilles et des tiges volubles, le sommeil des feuilles et des fleurs ; l'orgasme qui précède la fécondation. Ces faits ont, sans doute, un rapport apparent avec ceux que la sensibilité détermine dans les animaux; mais toutes les sciences physiques, et surtout les études physiologiques, ne démontrent-elles pas que des apparences semblables sont souvent produites par des causes très-différentes?

3°. Les faits les plus curieux en faveur de la sensibilité des plantes se déduisent des expériences de quelques chimistes (4), qui ont vu que les plantes absorbent les

(1) Voy. liv. IV, chap. V, art. 2.
(2) Voy. liv. V, chap. V, art. dernier.
(3) Voy. liv. II, chap. II.
(4) Voy. liv. V, chap. XII, où ces expériences sont racontées en détail, et où on cherche à apprécier leur effet.

poisons dissous dans l'eau, que les poisons corrosifs les tuent avec des phénomènes variés, et que les poisons narcotiques, comme l'opium, par exemple, les tuent en suivant une série de phénomènes qui semble avoir quelque analogie avec l'action de ces mêmes poisons sur les animaux, comme, par exemple, de ralentir d'abord les mouvemens des feuilles de la sensitive. Or, dit-on, si des poisons qui n'agissent que sur le système nerveux des animaux, sont également mortels pour les végétaux, ne doit-on pas en conclure que les plantes ont aussi leur système nerveux? Je ne nie point que cet argument n'ait de la force. Cependant il convient d'observer que l'action des poisons en général et celle des poisons narcotiques en particulier sont un des points les plus obscurs de la physiologie animale, et par conséquent il ne faut pas se hâter de conclure sur des analogies éloignées. Que des poisons corrosifs agissent sur des matières organiques de manière à les détruire ou à les déranger, cela peut se comprendre, même avec des diversités de nature assez prononcées. Quant aux poisons narcotiques, ne peut-il pas se faire qu'ils tendent à désorganiser d'une manière plus occulte les organes par lesquels ils passent, et cette désorganisation lente ne peut-elle pas suffire pour ralentir les mouvemens extérieurs de ces organes? Ainsi les feuilles de la sensitive pourraient ralentir leur marche par suite de l'opium, sans que l'action de l'opium fût analogue à celle qu'il exerce sur les nerfs.

Ces doutes sont encore corroborés par des considérations plus générales.

Le système nerveux, qui est très-évident et très-distinct de tout autre dans les animaux des classes supérieures, tend graduellement à se diviser; et enfin on est

forcé d'admettre que dans les zoophytes la matière nerveuse est comme diffuse dans le corps entier, de telle sorte qu'il jouit d'une sensibilité universelle, sans qu'on voie nulle part le nerf distinct du tissu. De là, dit-on, on arrive au règne végétal, où la matière nerveuse est incorporée au tissu entier; mais, pour que cette conclusion eût de la vraisemblance, il faudrait que les végétaux qui par leur structure ont le plus de rapport avec les zoophytes, fussent ceux où les symptômes de sensibilité seraient les plus évidens; et ce n'est point le cas. Tous les végétaux où l'on a cru les apercevoir sont à l'autre extrémité de l'échelle organique; et, par conséquent, l'analogie déduite du règne animal ne conduit pas avec une certaine rigueur à admettre la sensibilité végétale.

Remarquons de plus que tous les phénomènes les plus constans et les plus universels de la vie végétale semblent être intimement liés, et même comme conséquences forcées, avec l'absence du mouvement spontané (1). Or, le mouvement spontané, là où il existe, est évidemment le résultat de la sensibilité : d'où l'on peut assez bien conclure que là où il manque, la sensibilité doit aussi manquer.

Convenons donc que, si la sensibilité existe dans les végétaux, on n'en connaît aucunement les organes, que la grande majorité des phénomènes n'en montre aucune trace, qu'on n'en a observé que quelques indices dans des phénomènes rares ou peu étudiés, et qu'enfin on doit, dans l'état actuel de l'étude des végétaux, se conduire comme si elle n'existait pas, sous peine de se contenter

(1) Voy. Théor. élém., Introduction.

de mots et de négliger les recherches les plus curieuses. Aurait-on, par exemple, étudié les lois de la direction des parties, si l'on s'était contenté de dire que c'était un effet de l'instinct végétal?

J'ai donc peine à admettre jusqu'à nouvelle preuve quelque sensibilité dans les plantes, et je les considère comme simplement douées d'excitabilité vitale, c'est-à-dire, d'une vie analogue à celle des parties des animaux qui sont insensibles.

J'évite à dessein d'entrer dans de plus grands détails sur ces questions par elles-mêmes obscures et presque insolubles : l'exposé des faits de détail nous y ramènera de temps en temps dans le cours de cet ouvrage d'une manière plus profitable pour les commençans que je ne pourrais le faire en ce moment. Je me bornerai donc à examiner encore ici l'organe qui paraît être le siége principal de l'excitabilité, et les causes, agens ou circonstances qui déterminent ou modifient son action.

CHAPITRE IV.

Des Organes qui servent de siéges principaux à l'excitabilité végétale.

Les végétaux, considérés dans leurs élémens organiques, ne nous offrent que deux classes générales d'organes, les cellules et les vaisseaux. Il est vraisemblable que l'une et l'autre classe participent à cette propriété fondamentale de la vie que nous avons désignée sous le nom d'excitabilité; mais la plupart de ceux qui se sont occupés de cette force l'ont rapportée exclusivement aux vaisseaux, tandis qu'il me paraît assez évident que c'est aux cellules que l'excitabilité appartient, sinon exclusivement, au moins plus évidemment. Voici les motifs de mon opinion, que j'exposerai ici tout entière, en ayant grand soin de distinguer ce qui s'y trouve d'hypothétique d'avec ce qui est la simple exposition des faits.

1°. Sur les quatre grandes classes dont le règne végétal se compose (1), il n'y en a que trois qui présentent de véritables vaisseaux; la quatrième en est entièrement dépourvue. Or, cette classe des végétaux cellulaires présente un grand nombre de phénomènes semblables à ceux que dans les trois autres on est obligé de rapporter

---

(1) Les exogènes, les endogènes phanérogames, les endogènes cryptogames et les cellulaires, ou, en suivant le langage plus récent de M. Fries, les dicotylédonés, monocotylédonés, heteronéméens et homonéméens.

à l'excitabilité vitale. Ils absorbent de l'eau ambiante; ils l'élèvent souvent dans leur tissu dans une direction déterminée; ils résistent jusqu'à une certaine limite pendant leur vie à l'action des corps étrangers; ils sont stimulés par la lumière et la chaleur, etc. Donc, si, d'après ces faits, on admet l'excitabilité vitale dans les végétaux vasculaires, il faut convenir que c'est au moyen des cellules que les végétaux cellulaires les exécutent, et, par conséquent, il est vraisemblable qu'il en est de même dans les vasculaires.

2°. Cet argument est corroboré par cette circonstance, que dans les classes de végétaux habituellement vasculaires on trouve de loin en loin certaines espèces qui manquent de vaisseaux, telles que les plantes aquatiques (pétamogétons, coratophyllons, etc.); d'où l'on doit conclure que l'action vitale peut s'exercer sans eux, et que ces organes sont moins importans qu'on ne l'avait cru, puisqu'ils peuvent manquer dans des genres d'ailleurs si semblables à des genres vasculaires, qu'on ne peut pas les en séparer, même à titre de familles distinctes.

3°. Les propriétés les plus remarquables des trachées, celles sur lesquelles on avait premièrement conçu l'idée de les considérer comme siéges essentiels de la vie, telles que leur élasticité et leur hygroscopicité, se conservent après la mort sans la moindre altération. Ainsi, longtemps après qu'un végétal est privé de la vie, on voit ses trachées se dérouler, se débander et obéir à l'effet de l'humidité tout aussi bien que dans le végétal vivant. Ce que nous en connaissons doit donc être classé parmi les propriétés de tissu.

4°. On avait été entraîné à admettre la contractilité comme faculté propre des vaisseaux à l'époque où l'on

pensait que la sève monte par les vaisseaux. Aujourd'hui il devient tous les jours plus vraisemblable que la sève s'imbibe dans les méats intercellulaires, au moins dans un grand nombre de cas, et que les vaisseaux sont le plus souvent des conduits aériens. Donc les motifs que H.-B. de Saussure (1) avait eus pour supposer que la sève monte par des contractions des vaisseaux analogues au mouvement péristaltique des intestins, n'existent plus maintenant au même degré, ou plutôt doivent nous engager à transporter cette hypothèse sur le tissu cellulaire avec les modifications que la forme des organes rend nécessaires.

Je suppose donc que les cellules des végétaux, qui, comme je l'ai établi ailleurs (2), sont tantôt plus ou moins distinctes, tantôt plus ou moins soudées, sont des vésicules membraneuses, douées pendant leur vie, et surtout dans leur jeunesse, d'une contractilité vitale peu sensible, il est vrai, mais analogue ou aux mouvemens de systole et de diastole qu'on observe dans le cœur des animaux, ou mieux encore aux mouvemens alternatifs de contraction et de dilatation qu'on observe dans les hydatides et certains infusoires microscopiques. M. Knight admet aussi les contractions des cellules comme la cause principale des mouvemens des sucs dans les végétaux. Je ne diffère de l'opinion de cet illustre physiologiste qu'en ceci, qu'il attribue la cause essentielle de ces contractions à la température, tandis que je les considère comme dues à l'action vitale, excitée par l'action de la chaleur,

---

(1) Cité par Senebier, Physiol. végét., IV, p. 137.
(2) Organog., vol. 1, p. 11-30.

ou, dans certains cas, par celle de la lumière ou d'autres agens.

Ce mouvement se laisse apercevoir dans quelques cas particuliers. Ainsi, 1° si l'on place sur l'eau des folioles ou des fragmens de folioles du *schinus molle*, on voit l'huile volatile contenue dans certaines cellules du tissu s'échapper non par un flux continu, mais par des saccades intermittentes, qu'on ne peut, ce me semble, rapporter à d'autres causes qu'à quelque contraction des cellules qui renferment ce suc. 2° Si l'on irrite légèrement la cuticule des parties supérieures de la tige ou des bractées de la laitue et de plusieurs autres chicoracées à surface lisse, on voit de petits jets de suc laiteux jaillir en gouttelettes du tissu cellulaire. Ce jet est surtout visible, selon M. Carradori (1), lorsqu'on fait l'opération sous l'eau. 3° Les globules du pollen ne paraissent être que des vésicules analogues aux cellules ordinaires: et la manière brusque et intermittente dont la liqueur qu'ils renferment est chassée au-dehors, semble encore un exemple visible à l'œil de cette contractilité des cellules.

Il est donc des cas où cette opinion est l'expression d'un fait immédiatement visible, et l'hypothèse ne consisterait que dans la généralisation de faits propres à quelques cellules, et qu'on suppose communes à toutes les cellules. Cherchons s'il n'est point d'exemples plus généraux à rapporter ici.

1°. Si l'on coupe en travers une tige d'euphorbe ou de tout autre végétal laiteux, même un champignon laiteux, on voit l'humeur laiteuse sortir par les deux plaies.

(1) *Sull' irritabilità della Lattuga*, in *Giorno di Pisa*.

Si elle sortait par une impulsion acquise de bas en haut, ou de haut en bas, elle ne sortirait que par l'une des deux; si elle sortait par son propre poids, et à titre de simple liquide, elle sortirait de la coupe seulement, si on l'inclinait vers le bas, et elle y resterait comme dans un vase, si on redressait la tige : mais elle sort, quelle que soit la position qu'on donne à la tranche; donc elle est poussée par une contraction interne; et comme ce suc se trouve en grande abondance dans le tissu cellulaire, il faut bien que les cellules se contractent pour le chasser au-dehors. Cet argument deviendra plus puissant encore, si l'on réfléchit que, comme l'ont attesté MM. Van-Marum et Humboldt (1), le suc ne coule pas dans les euphorbes tuées par l'électricité; celle-ci tend, dans les animaux tués par son action, à détruire la contractilité, et il en serait de même des plantes. Ce que nous voyons s'exécuter sous nos yeux dans les plantes à suc laiteux, parce que l'abondance et l'opacité de ce suc le rend plus visible, semble s'exécuter souvent de même dans le tissu cellulaire aqueux. Si, dans tous les cas, les coupes longitudinales font, à proportion de leur étendue, sortir moins de sucs que les coupes transversales, cela paraît tenir à ce que, dans toutes les parties alongées, les cellules sont oblongues, et que leur contractilité doit s'exécuter dans cette direction.

2°. On sait maintenant que dans un grand nombre de plantes on trouve des cellules closes, dans lesquelles on aperçoit des grains opaques, nageant dans un fluide transparent, qui, sous certaines circonstances données,

---

(1) *Aphorismi ad calcem floræ Heibergensis*. 1 vol in-4°. 1793.

sont dans un mouvement très-vif de circulation régulière. C'est ce que nous étudierons plus tard en détail, sous le nom de rotation (1). Il n'est pas admissible de supposer que ces grains soient des animalcules vivans. La rapidité de leur mouvement ne permet pas de le comparer avec la mobilité lente et obscure qu'on observe sous le microscope dans les molécules des corps bruts nageant dans l'eau. On ne peut pas dire que la rotation soit déterminée par quelque cause générale à la branche où on l'observe, puisque chaque cellule y a son mouvement propre et indépendant des voisines. Il semble donc presque inévitable d'admettre que ce mouvement des grains intérieurs est dû à quelque contraction des parois mêmes des cellules ; la variabilité de l'intensité du phénomène, l'influence de la chaleur pour l'accélérer, sont autant de circonstances qui confirment cette opinion.

3°. Lorsqu'on fait aspirer à un végétal une matière vénéneuse, soit âcre, soit narcotique, elle périt au bout de très-peu de temps, et l'inspection anatomique démontre que les vaisseaux sont peu ou point altérés, mais que les cellules sont devenues flasques, inertes et privées de toute contractilité. En particulier, le lait ne coule plus dans les parties des plantes laiteuses qui ont reçu l'impression du poison. La rapidité de ce phénomène tend à faire penser que la principale action des matières vénéneuses est de détruire l'action vitale des cellules.

Ce ne sont donc pas des faits isolés qui nous conduisent à la contractilité des cellules, ce sont des faits com-

---

(1) Voyez liv. II, chap. VIII, art. 3.

muns à un très-grand nombre de végétaux de toutes les classes. Cette opinion n'est donc pas entièrement une hypothèse, et la partie hypothétique se réduira à employer une faculté connue dans un très-grand nombre de cellules végétales, à l'explication des faits communs à la plupart. Il s'agit de savoir si les faits que tous les physiologistes ont rapportés à l'action vitale, peuvent trouver une explication mécanique dans ces contractions alternatives des cellules. Je suis obligé d'anticiper ici sur quelques-uns des faits que j'aurai plus tard à exposer en détail.

1°. La succion des racines s'exécute par des points spéciaux qu'on nomme spongioles, qui sont composés d'un tissu cellulaire très-fin et toujours nouveau, puisque les racines s'alongent sans cesse par leur extrémité. Le liquide de la terre tend à entrer dans les méats de ce tissu : 1° par la force de capillarité; 2° par l'hygroscopicité. Ces deux propriétés de tissu peuvent bien expliquer l'énorme quantité d'eau qui pénètre dans la plante vivante, les variations de cette quantité selon les espèces, les saisons, etc. Il suffit d'admettre que les cellules des spongioles, douées de contractions alternatives, augmentent et diminuent alternativement les méats intercellulaires, et tendent ainsi à absorber de l'eau en quantité proportionnée à la force et à la rapidité de leurs contractions vitales. Une théorie semblable est applicable à la manière dont les parties cellulaires du stigmate pompent la liqueur des globules du pollen, et à celle dont les suçoirs de la cuscute pompent la sève des végétaux qu'elle attaque. Dans tous les cas de succion déterminée par des points spéciaux, on voit que ces points offrent

du tissu cellulaire dépourvu de vaisseaux et dénudé de cuticule. Ces deux circonstances tendent à prouver que ce sont les cellules qui sont l'organe véritablement actif de la succion.

2°. L'ascension de la sève s'exécute par la réunion de deux causes générales qui agissent plus ou moins réunies ou séparées, savoir : 1° l'action des racines suçantes, qui, comme l'a très-bien dit M. Dutrochet, pousse la sève *à tergo*, c'est-à-dire, de bas en haut dans le tronc, et qui agit presque seule à l'époque du premier printemps avant la naissance des feuilles; et 2° l'action des parties foliacées (feuilles et parenchyme de l'écorce) qui s'opère principalement après cette époque et pendant la durée de l'été. Mais ces deux classes d'organes sont essentiellement douées de cellules fraîches et nouvelles, où la contractilité doit être à son plus haut degré; les spongioles agissent principalement quand elles sont jeunes : le tissu cellulaire des feuilles et des écorces présente la même propriété. Les sucs traversent le corps ligneux; celui-ci favorise l'ascension tant que ses cellules conservent encore un peu d'action vitale, comme cela a lieu dans l'aubier; lorsqu'elles n'en ont plus, comme dans le bois, celui-ci se laisse traverser par l'eau, comme il le fait après sa mort.

3°. L'action propre par laquelle les organes naissans, tels que les bourgeons, les boutons, etc., déterminent une déviation dans les sucs généraux, et les appellent pour ainsi dire à eux, paraît rentrer dans la même classe de faits. Les cellules non encore obstruées par le dépôt des parties terreuses ou charbonneuses, jouissent alors de toute leur contractilité.

4°. L'exhalaison aqueuse (qu'il faut bien distinguer de la simple évaporation) s'exécute dans les parties foliacées par les stomates, c'est-à-dire, par des orifices de la cuticule bordés par deux cellules. La sortie de l'eau ne peut se comprendre par les simples lois physiques ; car la capillarité devrait la retenir, et l'hygroscopicité devrait ne le permettre qu'en raison de la sécheresse de l'air; mais les cellules contractiles, qui ouvrent et ferment l'orifice selon qu'elles sont excitées par la lumière, déterminent le phénomène.

5°. Dans un grand nombre de cas, les sucs marchent en sens contraire à la pesanteur : ainsi, dans presque tous les végétaux, la sève monte dans la tige, quoiqu'elle soit dressée, et elle suit la même direction quand la tige est horizontale ou renversée. Le suc élaboré dans les feuilles descend vers les racines, lors même que la branche est pendante. La liqueur du pollen descend dans le pistil, lors même que la fleur est renversée. Les cryptogames vivent souvent dans des situations indépendantes de la verticalité. Dans tous ces cas, on voit clairement qu'une force interne détermine la direction des sucs, et la contractilité des cellules les explique en général avec facilité.

Je crois donc pouvoir admettre cette faculté comme prouvée directement dans un certain nombre de cas, et indirectement dans une foule d'autres.

Quant aux vaisseaux, je n'ai aucun doute que les vaisseaux en chapelet, les vaisseaux ponctués et rayés, qui ressemblent si fort aux cellules, et qui semblent composés du même tissu, ne jouissent des mêmes propriétés vitales ; mais je ne connais aucun fait qui leur soit di-

rectement applicable, et je ne me guide, en admettant cette propriété, que par l'analogie. Cette analogie est plus éloignée, lorsqu'il s'agit des vraies trachées élastiques et déroulables, où je ne vois un peu clairement que des propriétés de tissus, mais où je ne saurais ni nier, ni démontrer les propriétés vitales proprement dites. Mais tout ce que j'ai dit des cellules s'applique parfaitement aux vaisseaux qui contiennent le suc laiteux, que je désigne sous le nom de vaisseaux *laticifères*, et M. Schutz, qui les a découverts, sous celui de vaisseaux *vitaux*. Leur texture a du rapport avec le tissu des cellules; le suc qu'ils renferment est dans un mouvement très-rapide et dirigé dans toutes sortes de directions, de sorte qu'on est entraîné, par des argumens analogues à ceux que j'ai employés plus haut, à admettre que ces tubes, qui ne sont peut-être que des cellules placées bout à bout, sont doués d'une grande contractilité.

CHAPITRE V.

Des Causes ou Agens qui mettent en jeu ou modifient l'excitabilité végétale.

Deux circonstances sont éminemment nécessaires pour que la vie ou l'excitabilité des cellules végétales soit douée de sa plus grande activité, savoir, le moindre degré possible d'encroûtement et une certaine dose d'humidité, ou, en d'autres termes, la jeunesse et la fraîcheur.

Nous ignorons dans les plantes, comme dans les animaux, l'origine ou la nature propre de la membrane qui fait la base de l'organisation. Cette membrane, qui se présente à l'œil dans sa première jeunesse comme une pellicule mince, transparente et sans trace d'organisation, recèle cependant des mystères qui sont impossibles à démêler; car c'est elle qui, selon sa nature propre, détermine l'élaboration spéciale des sucs. Plus elle reste dans cet état primitif, plus, en général, elle est susceptible d'absorber de l'humidité, et de se contracter avec énergie. C'est en particulier pour ce motif que les cellules des spongioles, qui se renouvellent, et, en général, toutes les cellules des parties jeunes, sont douées d'une activité que les autres présentent rarement. A mesure que les cellules pompent l'humidité qui les entoure, et qu'elles l'élaborent dans leur cavité, elles y forment ou de la matière ligneuse, ou de la fécule, ou de la chromule, ou de l'huile, etc., etc., et alors leurs parois

prennent d'autant plus de rigidité, et perdent d'autant plus leur force hygroscopique et contractile. C'est ainsi qu'à la fin de l'été les cellules des feuilles, encroûtées de chromule et de dépôts terreux, perdent leur activité. C'est ainsi que les clostres de l'aubier augmentent graduellement la dose de matière ligneuse qu'ils renferment. Tant que cette opération dure, ils sont encore contractiles; mais lorsqu'ils sont saturés, si j'ose parler ainsi, de la quantité de liqueur qu'ils peuvent recevoir, ils se changent en bois, et sont ou complétement privés de contractilité, ou réduits à un rôle très près de l'état passif.

Les cellules ne conservent la vie ou la contractilité qu'autant que leurs membranes sont éminemment flexibles. La saturation des matières terreuses, ligneuses, féculentes, est une des causes qui peut leur faire perdre la flexibilité; la dessiccation en est une autre. La dessiccation arrive quelquefois dans les cellules par un état d'atrophie déterminée, ou par la pression des organes voisins, ou par des causes maladives. Ainsi les poils et les membranes scarieuses sont des organes où les cellules ont peu ou point d'encroûtement, mais où elles ont perdu l'activité vitale : elles ont conservé au plus haut degré l'hygroscopicité, qui est la propriété fondamentale du tissu; elles ont perdu l'excitabilité ou la vie proprement dite. Les membranes, devenues pierreuses par le dépôt des sucs terreux, offrent un état analogue, mais perdent, outre la flexibilité, la plus grande partie de la faculté hygroscopique. Entre ces deux extrêmes, se placent les membranes encroûtées de matières diverses selon la nature de ces matières. Si une membrane, sans être

encroûtée de dépôts quelconques, perd l'eau qui la rend flexible, il arrive différens cas selon le degré et la longueur de la dessiccation. Si celle-ci n'est pas complète, dès que la membrane se trouve en contact avec l'eau, elle en absorbe par sa faculté contractile, et reprend alors toutes ses propriétés vitales. Si la dessiccation est complète, la membrane peut bien s'imbiber d'eau, comme le fait une éponge morte; mais cette eau n'excite aucune réaction; et comme il n'y a point contractilité, cette absorption est limitée dans sa durée et son intensité : la membrane est morte. Les diverses cellules d'une plante et les cellules des plantes diverses diffèrent entre elles quant à la dose d'eau nécessaire pour que leur contractilité soit mise en jeu. Cet effet est très-analogue au rôle que M. Chevreul a attribué à l'eau dans les tissus animaux.

Une fois que les cellules possèdent le degré de jeunesse et de fraîcheur nécessaire à l'exercice de leurs fonctions vitales, il s'agit d'examiner les agens qui sont susceptibles de les exciter.

Au premier rang, on doit placer la lumière solaire. C'est elle qui, comme nous le verrons, détermine exclusivement l'acte par lequel le tissu cellulaire décompose le gaz acide carbonique; c'est elle qui détermine l'exhalaison aqueuse de toutes les parties vertes des végétaux; c'est elle qui, par une influence médiate, ou, dans quelques cas peut-être, immédiate, détermine certains mouvemens des organes. Quand on a dit que la lumière était un tonique ou un roborant pour les végétaux, on n'a fait qu'exprimer un résultat; car la fixation du carbone, qui est la cause directe de la force ou de la solidité, résulte

de la décomposition du gaz acide carbonique, et est une conséquence médiate de l'action de la lumière. Lorsque je dis, au contraire, que la lumière est un excitant, je cherche à exprimer son action directe sur la membrane des cellules; mais je dois avouer qu'elle exerce à la fois des actions très-diverses, qui semblent, les unes chimiques, telles que la décomposition du gaz acide carbonique; les autres mécaniques, telles que l'expulsion de l'eau surabondante, mais toutes intimement liées à la vie et qui disparaissent avec elle.

Le second excitant général des végétaux est la chaleur. Son action est évidente, 1° dans l'activité qu'elle donne au travail intérieur qui s'exécute dans les cellules, et qui y détermine les sécrétions ou compositions propres à chacune d'elles : c'est l'action chimique de cet agent. 2° La chaleur agit encore sous un point de vue qu'on peut dire mécanique, en excitant la succion de l'eau et les simples phénomènes de contractilité; mais son effet, sous ce rapport, le cède, en général, à celui de la lumière, sauf à cette époque du premier printemps où la chaleur paraît déterminer seule l'évolution des bourgeons et l'ascension de la sève.

L'électricité doit peut-être se placer encore parmi les excitans généraux des membranes végétales; mais son action est jusqu'à présent si obscure, qu'on n'ose l'indiquer qu'avec un grand doute.

A ces agens généraux, et qui peut-être un jour pourront être considérés comme universels, nous devons ajouter quelques causes spéciales d'excitation qui n'agissent que d'une manière obscure et bornée. Telles sont les suivantes :

1°. Les chocs ou commotions mécaniques paraissent agir sur les parties des végétaux comme des excitans. Ainsi, ils forcent certains organes à exécuter des mouvemens souvent très-prononcés, et on les voit déterminer, dans les points où ils se répètent fréquemment, des tumeurs qui annoncent un appel extraordinaire des sucs.

2°. Les piqûres agissent aussi dans le même sens, et peut-être par les mêmes causes : ainsi elles déterminent certains mouvemens spéciaux, comme dans les étamines de l'épine-vinette, ou certaines tumeurs de formes très-variées, comme dans les galles produites par les insectes, ou certaines accélérations de mouvemens vitaux, comme dans les fruits piqués par les insectes.

3°. Certains gaz, tels que l'oxigène, certains sels, certains acides puissans et autres agens chimiques analogues, paraissent agir sur les membranes des cellules d'une manière plus ou moins analogue aux chocs ou aux piqûres, mais qui est plus difficile encore à bien apprécier, et dont l'examen se présentera plus utilement à nous dans la suite de cet ouvrage. L'action des sels, acides et autres agens analogues, semble presque toujours dangereuse pour le tissu délicat des végétaux.

On conçoit sans peine que ces diverses causes d'action devront avoir des effets différens, soit en nature, soit en intensité, selon qu'ils seront appliqués dans des circonstances diverses ou à des espèces diverses. Ainsi, d'un côté, l'action sera différente selon qu'elle s'adressera à des cellules jeunes ou vieilles, encroûtées ou non encroûtées, imbibées d'eau ou desséchées; de l'autre, elle variera selon la nature propre et le degré de contractilité des cellules. Les unes, et c'est ici le problème inex-

pliqué de tous les êtres organisés, les unes sont fabriquées pour faire du ligneux ou de la fécule; les autres, pour faire de l'huile ou de la résine. Rien ne nous indique ces dispositions, que nous jugeons par les résultats seulement. Le degré de la contractilité est aussi un fait primitif que nous ne jugeons que par ses conséquences.

Il s'agit maintenant de passer en revue la série totale des fonctions des végétaux, de les étudier en elles-mêmes et sans préventions théoriques, et de voir jusqu'à quel degré l'opinion de la contractilité vitale des cellules, combinée avec les propriétés du tissu et l'action physique ou chimique des agens extérieurs, suffit pour expliquer passablement les résultats. Je dis passablement; car, lorsqu'il s'agit d'êtres vivans, nous ne pouvons prétendre à la rigueur qu'on recherche et qu'on obtient souvent dans les sciences purement physiques ou chimiques.

CHAPITRE VI.

Des Fonctions végétales en général.

Si l'on considère les êtres organisés dans leur plus grande généralité, on voit que leur histoire entière se réduit en réalité à deux grandes fonctions : 1° la *nutrition* ou la conservation des individus ; 2° la *reproduction* ou la conservation des espèces. Tous les faits peuvent être classés dans l'une ou l'autre de ces deux grandes séries. Comme elles sont communes à tous les corps organisés, on les nomme *fonctions organiques ;* et les zoologistes, voulant exprimer qu'elles sont communes aux végétaux aussi bien qu'aux animaux, les nomment quelquefois *fonctions végétatives.*

Ils réservent le nom de *fonctions animales* à celles qui sont spécialement propres au règne animal, telles que la sensibilité, apanage du système nerveux, et la motilité, apanage du système musculaire. Ces deux classes de fonctions ou manquent totalement dans les végétaux, ou ne s'y présentent que d'une manière obscure ou incertaine, que nous avons déjà indiquée en parlant des forces. Nous n'aurons donc plus à nous en occuper, et nous pourrons réduire l'étude générale des fonctions à la nutrition, qui fera l'objet du livre II, et à la reproduction, que nous traiterons dans le livre III. Mais, pour mettre plus de clarté dans l'exposition générale des fonctions,

nous rejeterons dans des livres séparés, 1° les phénomènes naturels ou artificiels plus ou moins visibles dans les deux grandes fonctions, et qui sont comme des épisodes ou des conséquences forcées de certaines lois; 2° les dérangemens ou les modifications qui peuvent survenir dans l'économie des deux grandes fonctions par l'influence des agens extérieurs. Ces deux séries de faits accessoires seront traitées aux livres IV et V.

LIVRE II.

DE LA NUTRITION.

CHAPITRE PREMIER.

De la Nutrition des êtres organisés en général.

La nutrition de tous les êtres organisés offre des traits généraux de ressemblance qui méritent d'autant plus d'attention, qu'ils semblent contraster avec la variété de leurs formes. Les végétaux se rapprochent donc des animaux sous ce rapport, presque autant que certaines classes du règne animal comparées entre elles. L'indication des périodes dont la nutrition se compose, se présente à peu près la même pour les deux règnes organiques. Nous l'exposerons ici, en suivant à peu près les mêmes principes qui ont déjà servi de base à nos premiers travaux (1), et nous ferons ainsi connaître d'avance le plan de notre travail. On peut dire que, dans les animaux et les végétaux d'ordre supérieur, la nutrition se compose

(1) Voy. Flore française, vol. I, p. 193; et Mém. de l'Inst., classe des Sciences. Rapport de M. Cuvier.

de sept périodes ou phénomènes généraux, qu'on peut ranger dans l'ordre suivant :

1°. Les êtres organisés introduisent, par un ou plusieurs orifices déterminés, la matière qui doit servir à leur nourriture, et celle qui leur sert de véhicule. Ces orifices sont uniques dans la plupart des animaux (la bouche), multiples et sous forme de suçoirs dans quelques-uns, tels que les rhizostomes, et dans tous les végétaux. Dans le premier cas, l'aliment entre tantôt sous forme liquide, tantôt sous forme solide; dans le second, toujours sous forme liquide.

2°. L'aliment introduit dans l'être organisé est transporté dans les organes où il doit recevoir son élaboration, en suivant un ou plusieurs canaux déterminés et en étant mu par des forces propres à la vie. Dans l'animal, l'aliment est arrêté en route dans une ou plusieurs cavités particulières (estomacs et intestins). Il reçoit une élaboration préalable, qui a pour résultat de séparer la partie liquide (le chyle), chargée de molécules alimentaires, de la partie solide, qui en renferme peu ou point, et qui est chassée au-dehors sous forme d'excrémens. Ceux-ci retiennent seulement avec eux quelques parties des matières sécrétées, qui, comme la bile, ont servi à leur élaboration ou à leur expulsion. Dans les végétaux, où la matière alimentaire entre dissoute dans l'eau, tout cet appareil d'élaboration préalable et d'expulsion d'excrémens manque en entier, ou presque en entier; le liquide absorbé (la lymphe ou sève) se rend directement aux parties foliacées, où doit se faire l'élaboration.

3°. Le liquide aqueux chargé des principes alimen-

taires, éprouve, en arrivant à la périphérie du corps, une évaporation considérable, qui suit des lois différentes de l'évaporation inorganique, et qu'on désigne d'ordinaire sous le nom de transpiration. Dans les animaux, ce liquide, extrait de la masse solide qui a pénétré dans l'estomac, est très-chargé de matières nutritives, et la partie aqueuse, qui s'échappe au-dehors, est peu considérable. C'est cette fonction qui porte spécialement le nom de transpiration insensible. Dans les végétaux, les molécules nutritives y sont en moindre quantité, et le liquide qui a servi de véhicule dès l'origine, et qui représente à la fois les excrémens et la matière de la transpiration animale, sort en grande abondance par les parties foliacées. Ce double rôle a fait donner à cette fonction végétale le nom d'émanation ou d'exhalaison aqueuse.

4°. Le suc alimentaire a besoin, dans l'un et dans l'autre règnes, d'être exposé à l'action de l'air atmosphérique, pour y puiser les principes nécessaires à la nutrition organique, ou se débarrasser de ceux qui lui sont inutiles ou dangereux. Chez les animaux, l'exposition à l'air, ou la respiration, a pour résultat d'accroître dans le suc alimentaire la quantité proportionnelle d'oxigène (1); chez les végétaux, cette même fonction a

---

(1) On a, ce me semble, trop l'habitude, dans la physiologie animale, de considérer la respiration comme étant la cause unique de l'oxigénation du sang, tandis qu'elle n'est qu'une partie importante du phénomène. La prédominance de l'oxigène dans le sang artériel résulte, 1° de ce que les poumons enlèvent au sang veineux une partie notable de son carbone par la formation de l'a-

pour résultat d'y accroître la quantité de carbone. L'oxigène, principe éminemment excitant, tend à donner aux animaux la force nécessaire à l'exécution de leur mouvement, et se combine en quantité d'autant plus grande, que l'animal appartient à une classe plus élevée dans l'échelle des êtres. Le carbone, principe éminemment fixe et inaltérable, tend à donner aux végétaux la permanence que comporte leur immobilité, et se dépose en quantité plus grande dans les végétaux des classes supérieures.

5°. Le suc alimentaire, modifié par les deux phénomènes précédens, se transforme en un suc nouveau (le sang dans les animaux, la gomme et les sucs analogues dans les végétaux), qui se porte principalement dans les parties les plus actives de l'organisation, et dépose les molécules alimentaires dans les mailles du tissu.

6°. Une portion des molécules alimentaires est déposée dans certains organes particuliers, d'où les vaisseaux qui apportent la lymphe peuvent la retirer, dans certains cas, pour la transporter dans d'autres organes. Ainsi, les épiploons dans les animaux, les tubercules dans les végétaux, sont des dépôts de nourriture déjà élaborée,

---

cide carbonique expiré; 2° de ce que les reins lui enlèvent une partie de son azote par la formation de l'urée, la matière la plus azotée de toutes les matières animales; 3° de ce que le foie enlève au sang veineux une partie de l'hydrogène par la formation de la bile, matière huileuse très-hydrogénée. La réunion de ces trois actions détermine essentiellement l'oxigénation du sang, et il est douteux qu'aucune partie d'oxigène inspiré s'y combine directement.

qui peut être transportée ailleurs sans grande élaboration nouvelle.

7°. Un certain nombre d'organes particuliers, qu'on appelle *glandes* ou *organes glandulaires,* ont la faculté de tirer du suc nourricier commun des sucs particuliers, soit pour en débarrasser le corps, soit pour remplir certains usages spéciaux. On donne le nom de *sécrétions* à ces opérations des organes glandulaires, et on appelle *sécrétions excrémentitielles* celles qui forment des matières destinées à être simplement chassées hors du corps, comme l'urine dans les animaux; et *sécrétions récrémentitielles* celles qui, comme la bile, doivent avoir une action à l'intérieur avant de sortir du corps. Nous verrons que des phénomènes analogues, quoique plus obscurs, ont lieu dans les végétaux.

Ainsi, les mêmes grandes périodes ou phénomènes partiels que l'on peut distinguer dans la nutrition animale, se retrouvent dans la nutrition végétale, et les différences peuvent se réduire toutes à des conséquences plus ou moins directes de la mobilité propre aux animaux, et de l'immobilité propre aux végétaux (1).

La comparaison que nous venons d'établir entre ceux des animaux et des végétaux dont l'organisation paraît la plus compliquée, et est certainement la mieux connue, se retrouve entre ceux qu'on dit ordinairement d'ordre inférieur, tels que les zoophytes et les cellulaires. Dans l'une et l'autre de ces classes, on ne trouve plus de vaisseaux proprement dits, et l'acte entier de la nutrition

---

(1) Voy. Théor. élém., Introd., p. 11-17, §. 8-10.

paraît s'exécuter localement dans des cellules closes, et qui semblent avoir une vie individuelle.

Nous devons maintenant, après cet exposé général, entrer dans le développement des sept périodes de la nutrition des végétaux vasculaires, et nous passerons ensuite à l'histoire des cellulaires.

CHAPITRE II.

Absorption de la sève par les végétaux vasculaires (1).

Le principe fondamental de toute l'histoire de la nutrition végétale, c'est qu'aucune matière alimentaire ne pénètre dans le végétal, sans que l'eau lui serve de véhicule. Sans eau, point de végétation; c'est un fait qui se représente sous trop de formes pour qu'il soit nécessaire de le prouver. Nous avons donc à examiner ici par où l'eau entre dans les végétaux vasculaires, quelle force détermine son entrée, et de quelles matières elle est ou peut être chargée en y entrant.

§. I. Organes de l'absorption.

Il n'est, sans doute, pas besoin de preuves détaillées pour établir que la sève pénètre dans les végétaux vascu-

(1) Cette classe, que j'ai établie dès 1805 (Flore française, I, p. 68), correspond aux plantes *xylines* de M. Schultz (Bibl. univ., nov. 1827), ou aux plantes inappendiculées de M. Turpin. Je conserve le nom de vasculaires, non-seulement parce qu'il est le plus ancien, qu'il a été admis par la plupart des auteurs, mais encore parce que le nom de xylines (déduit de ξυλον, bois) paraît difficile à adopter pour une classe qui comprend une foule de plantes purement herbacées.

laires par les racines : les faits les plus triviaux suffisent pour le démontrer ; et si quelques observations plus rares semblent faire exception à cette loi, elles ont besoin d'explications partielles, mais n'ébranlent point la théorie générale. Ainsi, certains végétaux particuliers et du nombre des parasites, tels que les cuscutes, pompent leur nourriture, pendant une partie de leur existence, au moyen de suçoirs ou organes spéciaux d'absorption, qui suppléent pour eux à l'existence des racines; ainsi quelques végétaux ou fragmens de végétaux qui renferment une certaine quantité de nourriture accumulée d'avance, peuvent pousser de nouvelles productions, quoique privés de moyens d'absorption : mais cet effet temporaire ne change rien à la loi générale, et n'est qu'un déplacement de nourriture. Ainsi quelques végétaux faux-parasites, tels que certains *tillandsia* ou quelques épidendrées, vivent avec assez de lenteur et absorbent peut-être assez de l'air même ou de la pluie pour pouvoir se développer sans que leurs racines soient plongées dans le sol. Celles-ci ne pompent que l'humidité superficielle des écorces des arbres qui les portent.

Les deux exceptions les plus remarquables sont les expériences par lesquelles on fait absorber l'eau ou par la surface des feuilles, ou par la coupe horizontale des branches.

Les premières de ces expériences sont dues à Bonnet (1). Il a vu que des feuilles posées sur de l'eau par le côté qui a le plus de stomates, peuvent se conserver fraîches pendant un temps assez long. Ce fait remar-

---

(1) Recherches sur l'usage des feuilles. 1 vol. in-4. Leyde, 1754.

quable peut s'expliquer de deux manières : ou bien, ce qui me paraît le plus probable, en admettant que la position des stomates sur l'eau arrête l'évaporation des sucs que la feuille renferme, et conserve sa fraîcheur; ou bien, ce qui a été plus généralement admis, en supposant que les stomates peuvent, dans certaines circonstances, devenir organes absorbans, au lieu d'être organes exhalans. Peut-être ces deux hypothèses sont-elles vraies chacune dans des circonstances données; mais laquelle des deux qu'on admette, on n'en est pas moins forcé d'avouer que l'absorption par les racines est le cours ordinaire et naturel de la végétation, à peu près comme personne ne nie, quant au règne animal, que l'absorption des alimens par la bouche ne soit le mode naturel d'alimentation, quoiqu'on sache que des lavemens de liquides nutritifs ont quelquefois prolongé la vie, ou que des frictions sur la peau déterminent l'absorption cutanée de quelques matières médicamenteuses, ou qu'enfin le corps, soit par absorption, soit plutôt par défaut d'évaporation, gagne un peu de poids dans un bain prolongé.

L'effet des arrosemens sur les feuilles des plantes fanées est encore un fait remarquable et qui rentre dans la classe de ceux dont je viens de parler. Il paraît bien que, dans le cas où le tissu foliacé est privé de l'eau qui lui est nécessaire pour le maintenir dans son état de turgescence naturelle, alors les stomates ou les pores insensibles de la surface sont doués de la faculté de s'imbiber rapidement d'eau. Il n'est pas douteux que, dans quelques cas de sécheresse extrême, et notamment pour les plantes grasses et les végétaux cellulaires, il n'est pas douteux, dis-je, que ce ne soit là un moyen supplémentaire propre

à soutenir leur existence ; mais ce n'est pas le cours ordinaire de la végétation.

Quelques-uns enfin, en exagérant ces phénomènes accidentels, et en les liant avec les faits relatifs à la respiration végétale, ont cherché à établir que les végétaux tirent de l'atmosphère une partie notable de leur nourriture. Je suis loin de nier, comme on le verra dans la suite, cette action de l'atmosphère sur la nutrition ; mais elle me paraît tenir à une autre partie de ce phénomène complexe, et ne point altérer la proposition primitive que la sève ou lymphe pénètre dans les végétaux vasculaires par les racines.

L'action de l'atmosphère sur les végétaux correspond à la respirafion animale, et jamais personne n'a imaginé de dire, autrement que comme métaphore, que les animaux se nourrissent d'air ; on s'est contenté avec raison de dire que l'air influe sur leur nutrition.

Ce ne sont pas même les racines entières qui sont douées de la faculté d'absorber la nourriture, mais seulement leurs extrémités ou leurs spongioles, comme je l'ai établi dans l'*Organographie*, vol. I, page 261. La surface de la racine, dont l'épiderme a déjà acquis une certaine consistance, n'absorbe pas l'eau ambiante ; mais comme les racines et les moindres radicelles s'alongent sans cesse par leur extrémité, il en résulte que cette extrémité, composée d'un tissu cellulaire fin, serré, spongieux et tout fraîchement développé, possède au plus haut degré la faculté hygroscopique propre au tissu végétal.

M. Carradori (1) a remarqué qu'il se fait une petite

---

(1) *Degli organi assorbenti delle radici delle piante*. In-8°.

absorption, soit par la surface même des racines, soit par les poils fugaces dont les racines des jeunes plantes sont souvent munies; mais cet effet semble dû à la simple hygroscopicité générale, et lui-même convient que cette absorption est extrêmement faible, surtout dans les racines adultes et ligneuses, comparativement à celui qui a lieu par les extrémités. Ses expériences ne sont pas données avec un degré de détails suffisant pour apprécier cette comparaison.

Lorsqu'on coupe une branche d'arbre et qu'on la plonge dans l'eau, son tissu ligneux, ainsi dénudé, absorbe bien une certaine quantité d'eau, et c'est de cette manière qu'on soutient la vie des branches qu'on place dans des vases pour l'ornement des salons; mais cet effet a un terme. L'extrémité coupée et plongée dans l'eau ne se renouvelle point comme celle de la racine; elle est, par conséquent, plus ou moins vite altérée ou dénaturée par le contact de l'eau. On renouvelle son action en coupant l'extrémité corrompue, et en mettant ainsi une nouvelle surface saine en contact avec le liquide. L'eau qui pénètre de cette manière dans le tissu ligneux des végétaux soutient leur existence, au moins pour un certain temps, comme si elle était entrée par les spongioles. C'est ce dont on peut s'assurer dans les phénomènes que présente le développement des boutures d'arbres, lesquelles ne se nourrissent, en général, que par l'eau pompée par la surface de leur bois dénudé. Ces moyens de nutrition sont cependant accidentels ou artificiels, et l'absorption s'opère naturellement par les spongioles en général, ou par les suçoirs de quelques végétaux parasites.

Senebier a vu que, si l'on coupe une plante en trois parties, les racines jusqu'au collet, la tige jusqu'à la ramification, et la sommité feuillée, lorsqu'on les plonge dans l'eau par la base, toutes trois pompent une certaine quantité, mais la partie feuillée plus que les autres. Cette absorption a essentiellement lieu par la coupe, là où le corps ligneux est mis à nu. Un rameau de framboisier, mis dans l'eau au soleil, a pompé cent cinquante grains, et n'en a plus tiré que huit quand sa coupe a été recouverte de cire. Il en a tiré autant, lorsque, ayant la coupe couverte, il plongeait dans toute sa longueur, que lorsqu'il ne plongeait que par une zone très-courte; ce qui prouve que l'épiderme est presque imperméable à l'eau.

Le corps ligneux, mis à nu, pompe l'humidité en tous sens, c'est-à-dire, qu'une branche coupée et mise dans l'eau en aspire, soit qu'on la mette tremper par la coupe supérieure ou par la coupe inférieure. La direction habituelle ou directe paraît lui offrir cependant quelque facilité de plus que la situation inverse. C'est ce qui résulte, 1° de l'observation de M. Pollini (1) que les sucs aqueux montent un peu moins haut dans les branches situées en sens inverse; 2° de l'observation des jardiniers et de M. Knight, que, dans les boutures faites en sens inverse, il n'y a le plus souvent que les bourgeons inférieurs qui se développent, et non les supérieurs, comme le font celles en sens direct. Il faut, pour que ces expériences soient comparatives, que les coupes horizontales soient égales; et comme je doutais si cette circonstance a été prise en considération, j'ai fait l'expérience suivante : j'ai

(1) *Elem. di botan.*, I, p. 281.

placé deux branches de saule dans l'eau, l'une en sens direct, l'autre en sens inverse, et choisies de manière que les deux coupes absorbantes fussent égales; j'ai vu la quantité d'eau absorbée à peu près égale; mais la branche en sens inverse a poussé des racines un peu plus tard que celle en sens direct (1).

Le bois tend à absorber de l'eau non-seulement par sa coupe transversale, mais aussi dans le sens longitudinal. Ainsi j'ai placé dans l'eau (2) une branche de saule dont la coupe était mastiquée, mais qui dans la partie immergée était dénudée d'écorce par l'enlèvement d'un anneau cortical d'un pouce de longueur. Cette branche a poussé ses bourgeons et ses racines d'une manière semblable aux branches qui trempaient par la coupe transversale.

La faculté hygrométrique du bois fait que, lorsqu'on l'expose à l'air, il s'empare facilement de l'humidité ambiante, et que, conservé dans les lieux abrités, il ne se dessèche jamais de lui-même. Rumford (3), ayant fait dessécher dans une étuve un morceau de bois provenant de l'intérieur d'une poutre qui était depuis cent cinquante ans placée dans un bâtiment, a vu qu'elle n'avait perdu qu'environ dix pour cent de son poids; et il pense de là que c'est le plus haut degré de dessiccation naturelle que le bois puisse atteindre dans nos climats. Un rondin de chêne, conservé dix-huit mois à l'air, et qu'on pouvait regarder comme d'excellent bois à brûler, a

(1) Mém. sur les lenticelles, Ann. des sc. nat., 1825, janv., p. 18 et 19.

(2) *Ibid.*, p. 4.

(3) Mém. sur le bois et le charbon. In-8°. Paris, 1812.

perdu par la dessiccation 24 pour 100. Le même physicien a vu que des copeaux de bois bien desséchés dans une étuve peuvent reprendre une quantité notable d'eau à l'air libre. En plaçant ces copeaux vingt-quatre heures dans un salon, les extrêmes de cette faculté d'absorption ont été, d'un côté, le peuplier d'Italie, dont des copeaux de 5 pouces de longueur sur 6 lignes de largeur ont pompé 0,87 gr., et, de l'autre, le chêne, qui aux mêmes dimensions a pompé 1,40 gr. Lorsque ces mêmes copeaux furent exposés huit jours de suite, ils n'augmentèrent pas de poids, quand l'air restait à la même température, mais en perdaient quand il se réchauffait; de sorte que cette expérience prouve et que l'absorption est rapide, et qu'elle atteint un état d'équilibre déterminé par la température de l'air ambiant, et sûrement aussi par son état hygrométrique.

Il résulte de la discussion établie dans cet article, 1° que l'absorption habituelle et vitale de l'eau par les plantes s'exécute par les spongioles des racines; 2° que, dans quelques cas rares, et qui paraissent accidentels, la surface des feuilles fanées peut absorber un peu d'eau; 3° que le corps ligneux, dénudé et mis en contact avec l'eau ou avec de l'air très humide, tend à absorber de l'eau par une simple propriété de tissu. La quantité de cette absorption est plus grande pendant la vie qu'après la mort, parce que l'action des feuilles tend à enlever l'eau absorbée; ce qui force le corps ligneux à en absorber de nouvelle.

§. II. De la force qui détermine l'absorption.

De même que, dans les animaux, les forces qui déter-

minent l'entrée de l'aliment dans la bouche sont fort différentes de celles qui de la bouche le conduisent à l'estomac, de même aussi on doit distinguer avec soin dans les végétaux la force d'absorption qui réside dans les spongioles, de celle qui détermine l'ascension de la sève dans les tiges. Tout au moins, si ces deux classes de faits tiennent à la même cause, il convient de les distinguer dans l'étude. La force d'absorption des spongioles paraît être un résultat de leur action vitale, combinée avec la capillarité, et surtout avec cette force hygroscopique dont le tissu végétal est généralement doué.

J'avais jadis (1), d'après l'opinion adoptée par Senebier, attribué cet effet à la seule hygroscopicité; mais l'examen des phénomènes qui se passent au premier printemps, m'a entraîné à admettre l'action directe de la contractilité vitale des spongioles.

Les végétaux étant dépourvus de volonté et de mouvement spontané, n'ayant, par conséquent, aucun organe d'appréhension proprement dite, et ne pouvant aller chercher l'aliment qui leur convient, il fallait, pour que leur nutrition fût possible, qu'une force sans cesse agissante et inhérente à leur tissu leur donnât le moyen d'absorber leur nourriture, toutes les fois que celle-ci se trouverait en contact avec eux; il fallait que cette nourriture fût assez répandue dans la nature pour qu'ils eussent la chance de la trouver presque partout, assez facile à absorber pour n'opposer aucune résistance aux faibles moyens d'action des végétaux.

Ces conditions nécessaires d'existence sont remplies

(1) Princ. élém. de bot., Flore franç., I, p. 166.

par l'organisation des spongioles, organes de succion, et par la nature de l'eau, qui se trouve abondamment répandue dans la nature, et presque toujours chargée de principes nourriciers.

La nature de l'action des spongioles est remarquable en ce que le choix qu'elles semblent faire des matières qu'elles absorbent ne paraît pas déterminé par les besoins naturels de la plante, mais par la facilité plus ou moins grande que la nature des liquides peut déterminer. Ainsi M. Théodore de Saussure (1) a vu, 1° que, si l'on place des plantes dans de l'eau chargée de principes salins, sucrés, gommeux, etc., les spongioles absorbent à proportion plus d'eau que des matières qui y sont dissoutes; de telle sorte que l'eau qui reste après l'expérience est plus saturée qu'avant d'y avoir plongé les racines. 2° Si l'on plonge les racines dans diverses solutions, elles absorbent davantage des matières les plus fluides, lors même que ces matières sont nuisibles à la plante, et absorbent une moindre dose des matières visqueuses, lors même qu'elles contiennent plus de substances nutritives. Ainsi le sulfate de cuivre, la plus nuisible des matières employées, a été absorbé en très grande dose, tandis que la gomme ne l'a été qu'en petite quantité. Lorsqu'on plonge les plantes dans des solutions de gomme à diverses doses, on voit qu'elles absorbent d'autant moins, que la solution est plus visqueuse. Davy (2) a vu aussi des plantes périr dans des solutions très-chargées de sucre ou de gomme, et prospérer dans des solutions

(1) Rech. chim., chap. 8.
(2) Chim. agr., II, p. 3.

des mêmes matières très étendues dans l'eau. Ce résultat de la viscosité se retrouve lorsqu'on plonge les racines dans de l'eau qui renferme des molécules pulvérulentes en suspension. Ainsi l'eau de fumier, qui contient des particules charbonneuses, et les eaux colorées entrent dans les racines en moindre proportion que l'eau pure, et en proportion d'autant moindre, qu'on emploie une eau plus chargée de molécules étrangères. Il semble que ces particules finissent par obstruer les pores imperceptibles, les méats ou les cellules des spongioles. M. Th. de Saussure a remarqué que des lois analogues se suivent dans les liquides où l'on a fait dissoudre des matières diverses : les plus fluides sont absorbées en quantité plus grande que les autres. On pourrait donc dire que les racines exercent une espèce de choix dans le terreau, mais que ce choix, loin d'être relatif aux besoins de la plante, n'a de rapports qu'à une circonstance purement mécanique. La cause qui l'exerce devrait donc être considérée elle-même plutôt comme une propriété de tissu que comme une vraie propriété vitale.

D'un autre côté, M. Pollini (1), qui a répété ces expériences, a trouvé que, dans des solutions de diverses substances dans l'eau, les racines les pompent en diverses quantités sans égard sensible à la viscosité. Ainsi il a vu constamment, dit-il, les racines absorber plus de muriate de soude ou de potasse que d'acétate ou de nitrate de chaux, plus de sucre que de gomme. Il a vu, en outre, que, si on coupe l'extrémité de la racine, l'eau

(1) *Saggio di osserv. e di sperienze sulla veget. degli Alberi.* In-8°. Verona, 1815.

qui entre par la plaie contient indifféremment de tous les sels qui y sont dissous, et la portion qui reste après l'absorption n'en contient pas plus qu'auparavant.

Ces faits, un peu contraires aux précédens, mais moins rigoureusement détaillés, paraissent conduire à l'idée d'une action vitale des spongioles.

Une autre circonstance remarquable des expériences que j'ai citées plus haut, c'est que le tissu des spongioles désorganisé semble donner un plus libre passage aux sucs que celui qui a conservé sa nature intacte. Ainsi les plantes n'ont pu vivre que deux ou trois jours dans la solution de sulfate de cuivre, dont elles absorbaient beaucoup, et ont vécu huit à dix jours dans celle de gomme, dont elles absorbaient très peu.

Les branches coupées et plongées dans diverses solutions aspirent aussi l'eau et les matières dissoutes dans l'eau, en suivant des lois analogues. Ainsi, d'après les expériences dont nous rendrons compte plus loin, on voit les branches absorber tous les poisons qu'on leur présente tout aussi bien que les matières propres à les nourrir.

Il est bien vraisemblable que les spongioles des diverses espèces de plantes ne sont pas toutes organisées d'une manière uniforme, et qu'il en est qui peuvent plus ou moins facilement admettre telle ou telle sorte de matières; mais les observations microscopiques sont encore loin de rendre raison de ces différences, et les faits de culture sont encore eux-mêmes trop obscurs pour avoir à cet égard quelque opinion arrêtée.

La manière dont des plantes de nature diverse épuisent le sol les unes pour les autres, l'action générale des engrais, le nombre prodigieux de plantes différentes qu'on

peut cultiver dans un même terreau de jardin, tendent à prouver que les différences d'absorption des végétaux doivent être très-peu importantes. A la place de la variété des alimens qui servent à soutenir la vie des animaux, on trouve dans le règne végétal une grande uniformité d'organes absorbans et de matières absorbées. J'ai déjà fait remarquer ailleurs que c'est de là que résulte le rôle important des organes nutritifs dans la zoologie, et leur moindre importance dans la classification botanique (1).

Les faits relatifs à la quantité de liquide absorbé à diverses époques de la vie des plantes et sous l'empire de diverses circonstances atmosphériques, paraissent plus intimement liés avec l'ascension des sucs qu'avec leur succion. Nous ne les mentionnerons donc que dans le chapitre suivant.

Les spongioles des racines sont essentiellement composées de tissu cellulaire; les cellules en sont arrondies ou ovales, et il est vraisemblable que l'eau s'infiltre dans leurs méats intercellulaires, soit par un effet d'hygroscopicité et de capillarité qui se retrouve encore un peu après la mort, soit très-probablemnnt par les contractions et dilatations alternatives des cellules, qui sont la partie vitale du phénomène, et déterminent la quantité si considérable de l'absorption des plantes vivantes comparée à celle des plantes mortes.

§. III. De la nature du liquide absorbé par les racines.

Les végétaux absorbent par leurs racines un liquide aqueux; mais ce liquide est-il de l'eau pure? Les physiologistes antérieurs à la chimie moderne croyaient que les

(1) Théor. élém., § 9 et 10.

plantes pouvaient vivre d'eau pure seulement. Boyle chercha à prouver cette hypothèse par des faits; mais Van-Helmont donna surtout un grand poids à cette opinion en arrosant d'eau de pluie (qu'il croyait très-pure) un saule planté dans un terrain pesé avec soin et de nature connue; au bout de cinq ans Van-Helmont vit que la terre n'avait presque pas diminué de poids, et que le saule s'était accru de cent cinquante livres; d'où il concluait que l'eau seule l'avait nourri. Mais l'eau de pluie contient de l'air et souvent d'autres substances en solution; l'arbre tirait une certaine quantité de matières de l'atmosphère; et, dans les détails de l'expérience, on était loin d'avoir pris toutes les précautions nécessaires pour s'assurer que l'eau ne renfermait pas de matières étrangères. Aussi Duhamel et Bonnet, dans des expériences analogues, virent bien que les plantes exposées à l'air pouvaient vivre arrosées avec de l'eau distillée, mais qu'elles prenaient très-peu de développement. Duhamel (1) a élevé des marroniers pendant trois ans, et un chêne pendant huit ans, exposés à l'air libre, en les arrosant d'eau distillée; mais ces arbres y ont pris si peu de développement, qu'il ne pense pas que l'eau pure suffise à la nutrition des plantes. Lorsqu'on opère dans des vases clos, et où l'on n'admet que des gaz dépouillés d'acide carbonique, on voit alors très-clairement que, si l'eau pure suffit pour déterminer les premiers développemens en délayant les matières renfermées dans la graine ou le tubercule mis en expérience, elle ne peut en aucune manière fournir à la plante tout l'aliment qui lui est nécessaire.

(1) Hist. de l'Acad. des sc. de Paris pour 1748.

Mais l'eau pure, telle que la distillation nous la fournit, n'existe point dans la nature : toute eau exposée à l'air en dissout une certaine quantité; toute eau mise en contact avec des matières terreuses, salines ou d'origine organique, en dissout une dose plus ou moins considérable. Ainsi l'eau que les végétaux absorbent est nécessairement chargée de principes divers. Nous allons les indiquer succinctement pour faire comprendre que toutes les substances que l'analyse démontre exister dans les végétaux peuvent y pénétrer avec l'eau pompée par les racines. Plus tard nous examinerons le rôle de chacune d'elles dans la nutrition.

Le carbone, qui compose une si grande partie de la masse des végétaux, n'y pénètre point à l'état solide. En effet, il n'est point soluble sous cette forme dans l'eau; aussi, lorsqu'on met une plante dans du charbon en l'arrosant d'eau distillée, elle y vit à peu près comme dans du verre pilé, et sans absorber des molécules charbonneuses; lorsqu'on la plonge par ses racines dans l'eau de fumier, qui contient beaucoup de parties charbonneuses en suspension, elle en absorbe très-peu, et d'autant moins que l'eau en est plus chargée. Davy a fait tremper (1) une menthe dans de l'eau mêlée de charbon en poudre impalpable, et il a vu qu'aucune molécule n'avait pénétré dans les racines, ou tout au moins qu'on ne pouvait en reconnaître aucune dans leur tissu; mais le carbone ou le charbon ont une grande tendance à se combiner à la longue avec l'oxigène de l'air pour former de l'acide carbonique, et celui-ci est tellement dissoluble

(1) Chim. agr., II, p. 2,

dans l'eau, qu'il n'y a jamais d'eau exposée à l'air ou filtrant dans le terreau, qui n'en contienne une quantité plus ou moins grande. On peut démontrer l'importance de cet acide carbonique par des expériences. Si l'on place deux plantes à végéter dans un sol de sable quartzeux ou de verre pilé, et qu'on en arrose une avec de l'eau distillée, et l'autre avec de l'eau chargée d'acide carbonique, on voit que cette dernière vit bien mieux et bien plus long-temps que la première. Cet acide carbonique dissous dans l'eau, que les racines absorbent, est évidemment une des sources du carbone qui compose la masse des végétaux. Nous verrons dans la suite qu'il en est d'autres.

Cette même eau contribue encore à l'introduction du carbone, parce qu'elle contient presque toujours une certaine quantité de matières solubles d'origine animale ou végétale, qui se composent elles-mêmes de carbone et de toutes les autres matières dont le végétal a besoin. C'est la quantité plus ou moins grande de ces matières d'origine organique qui détermine les principales différences de la fertilité des terrains; c'est à l'augmenter que les engrais sont particulièrement utiles, soit par l'acide carbonique qu'ils contiennent tout formé; soit parce que leur carbone, s'unissant à l'oxigène de l'air, en forme de toutes pièces; soit parce que leur action sur les parties d'origine organique contenues dans le terreau détermine leur décomposition; soit enfin parce que leur action sur les matières minérales tend fréquemment à accroître leur solubilité.

L'eau absorbée par les racines contient encore en dissolution une quantité variable d'air atmosphérique, et,

par conséquent, il s'introduit ainsi dans le végétal une certaine quantité d'oxigène et d'azote. Le premier de ces gaz peut être aussi fourni par la décomposition de l'eau; et cette même circonstance explique aussi la quantité d'hydrogène libre ou combiné qui existe dans les matières végétales. Quant à l'azote, quoiqu'on ait coutume de ne pas le compter parmi les matériaux ordinaires des végétaux, on ne peut nier qu'il ne s'y trouve frequemment. Lorsqu'on tire l'air d'une plante avec une machine pneumatique, les premières parties qu'on obtient sont sensiblement de l'air atmosphérique; les dernières sont de l'air fort chargé d'azote; peut-être doit-on dire que l'oxigène de l'air atmosphérique s'est combiné avec le végétal, et a laissé l'azote libre dans certaines cavités aériennes, sans qu'on puisse le considérer comme partie du végétal. Mais tout au moins on ne peut nier que l'azote se trouve combiné dans les crucifères, les champignons, le principe glutineux du froment et plusieurs autres matériaux immédiats des végétaux, tels que l'indigo, etc. On voit qu'il peut être introduit dans la plante, soit avec l'air atmosphérique, soit au moyen des matières solubles d'origine animale que pompent les racines, soit mélangé avec l'acide carbonique, comme on le trouve fréquemment dans la nature d'après Spallanzani et Senebier. Ce dernier moyen d'introduction de l'azote se confirme par l'observation de Proust que les plantes vertes, c'est-à-dire, qui ont décomposé de l'acide carbonique, contiennent plus d'azote que les plantes étiolées.

Les racines aspirent encore avec l'eau tous les sels alcalins et terreux que cette eau contient en solution. Tels sont surtout les carbonates de soude, de potasse, de

chaux, etc. Toutes les matières alcalines et terreuses qu'on trouve dans les végétaux paraissent ainsi absorbées par le végétal, sans qu'il y ait probabilité qu'elles composent elles-mêmes les sels qu'elles contiennent, sauf dans quelques cas rares que nous mentionnerons dans la suite. Ainsi les qualités et les quantités des matières terreuses que les plantes présentent à l'analyse, sont variables selon le terrain où elles ont crû. On sait depuis long-temps que les plantes maritimes contiennent des sels de soude, lorsqu'elles croissent près de la mer, et des sels de potasse, lorsqu'elles vivent loin des eaux salées. M. Théodore de Saussure a vu que le *rhododendron* contient beaucoup plus de sels calcaires, lorsqu'il a crû sur un sol tout calcaire, que lorsqu'on le recueille sur un sol granitique. Ainsi ces faits, dont on pourrait sans peine multiplier les exemples, tendent à prouver que les sels alcalins et terreux sont, en général, tirés du sol par les racines.

On en peut dire autant des oxides métalliques, qui sont solubles dans l'eau; des matières phosphoreuses ou sulfureuses, qui sont rares dans les végétaux, et qui peuvent provenir des matières animales ou végétales mêlées dans le terreau; et, en un mot, on peut retrouver dans la nature du sol l'origine de toutes les matières dont les végétaux se composent. Mais quelques-unes ont offert des difficultés qui méritent un examen spécial.

1°. Les végétaux renferment une quantité de silice, qui, quoiqu'en général peu considérable, l'est assez cependant pour mériter d'être notée, et dont l'origine est difficile à comprendre, puisque la silice ni les sels siliceux ne sont pas habituellement solubles dans l'eau. Il faut

observer ici que la silice est évidemment soluble dans l'eau dans des circonstances que les procédés de laboratoire ne savent pas facilement imiter, mais qui n'en existent pas moins dans la nature. Ainsi les sources bouillantes du Geiser déposent sur leurs bords de la silice qu'elles tentaient en solution. Les cristaux et les stalactites siliceuses n'ont pas dû avoir une autre origine. M. Berzélius a aussi démontré que la silice à l'état naissant est dissoute par l'eau en assez grande quantité, et il est probable, par conséquent, que la même chose doit avoir lieu quand les molécules de silice se séparent des composés dont elles faisaient partie. Il paraît donc que la silice est soluble dans l'eau, mais en très-faible dose : or, quelque petite que soit cette dose, la quantité immense d'eau qui entre dans un végétal doit à la longue en apporter une quantité notable, et l'indissolubilité habituelle de la silice fait que, pour peu qu'il en soit entré, on la retrouve toute à l'analyse, puisque l'eau des pluies ne peut l'emporter, comme elle le fait pour les sels solubles. C'est peut-être en partie à cause de la grande quantité d'eau qui est nécessaire pour dissoudre un peu de silice, que les terrains siliceux ont besoin de beaucoup plus d'arrosement que les autres pour être fertiles.

Le raisonnement que nous venons de faire sur la silice serait applicable à toutes les matières insolubles à l'eau qu'on trouve dans les végétaux ; il faut de plus observer que les matières réduites en molécules très-fines et suspendues dans l'eau peuvent probablement être entraînées avec elles dans le tissu végétal, mais en très-faible dose.

2°. On s'étonne que les plantes crues dans un terrain

en apparence tout calcaire, par exemple, ou tout siliceux, contiennent cependant des sels terreux de nature diverse. Cela tient à ce que les plantes vivent dans un terreau, lequel est toujours un mélange non-seulement des diverses substances minérales du pays, mais encore de celles que la poussière suspendue dans l'air y apporte, de celles que la végétation antécédente y a déposées, de celles que les animaux y transportent et y déposent continuellement. Le terreau est donc le mélange d'une multitude de matières; les racines les absorbent toutes, et d'autant plus qu'elles sont plus solubles, et on les retrouve à l'analyse des plantes dans des quantités déterminées, en partie par la quantité qui en existait dans le terreau, en partie aussi par le sort qu'elles ont éprouvé pendant l'action de la végétation.

3°. On cite certaines matières qui passent pour élémentaires, et qui se trouvent en quantité si considérable dans certains végétaux, qu'on est tenté d'attribuer à ces plantes la faculté de les former. C'est surtout du fer qu'on a émis cette opinion. On cite un nombre de végétaux qui contiennent dans certaines de leurs parties une quantité de fer bien plus grande que celle du terreau où ils ont crû; mais qui ne voit que, si l'eau pompée par les racines ne contient que 1/1000 d'oxide de fer, par exemple, la continuité de cette action peut déposer dans un organe donné une quantité de fer qui pourrait aller à 1/100 ou 1/10, sans être obligé d'admettre aucune formation extraordinaire. M. Van-Marum a vu des conferves et autres plantes aquatiques croître dans un bassin, puis se déposer après leur mort dans le fond de ce bassin, et y former une sorte de dépôt tourbeux qui contenait du fer. Ce fait

tend-il à prouver que ces conferves ont formé du fer? Je ne le pense pas; car, quelque petite que pût être la quantité d'oxide de fer contenue dans l'eau qui alimentait le bassin, ou déposée par l'air, elle suffirait à la longue pour expliquer le fer qui se trouverait fixé dans les plantes aquatiques.

Toute cette théorie repose sur la quantité énorme d'eau que les végétaux absorbent. Une grande partie de cette eau ne sert que de véhicule pour charrier dans la plante toutes les matières qui y sont dissoutes; une autre partie sert à la nourriture même du végétal, comme M. Th. de Saussure l'a démontré. Nous reviendrons plus tard sur le rôle de ces matières dans la nutrition; je n'ai voulu, dans ce premier aperçu, montrer qu'une chose; c'est que l'absorption par les racines suffit pour expliquer l'origine des matières contenues dans les végétaux.

Il faut bien se garder cependant d'exagérer cette idée au point de croire avec les anciens agriculteurs que les matières propres à chaque plante sont contenues dans le sol à un état particulier, et que chaque espèce tire du terrain un aliment spécial : on sait que c'était ainsi qu'on s'expliquait pourquoi certaines plantes peuvent vivre dans un sol après telle autre, tandis que, si on y remet une espèce identique avec celle de l'année précédente, elle y meurt ou y languit, parce que, disait-on, elle ne trouve plus la nourriture qui lui convient. Mariotte avait déjà, en 1679, ingénieusement réfuté cette théorie populaire. « Si, disait-il, vous examinez le nombre de plantes différentes qui peuvent vivre dans un vase quelconque plein de sept ou huit livres de terre, vous verrez, d'après la pratique, que trois ou quatre mille espèces

différentes peuvent y prospérer. Or, si chacune avait besoin d'un aliment spécial, et que vous supposiez qu'elle eût besoin seulement d'un grain de nourriture qui lui fût propre, il faudrait déjà environ cinq cents livres de matières pour le trouver! » Cette opinion de la nourriture spéciale des plantes, qu'un physiologiste moderne (1) a tenté de rajeunir, est tout aussi fausse que celle des physiciens qui voulaient tout attribuer à l'eau. La vérité est entre ces extrêmes, savoir, que les plantes se nourrissent de l'eau, de l'air et de toutes les matières qui se trouvent habituellement dissoutes, ou peut-être habituellement suspendues dans l'eau qu'elles absorbent; que parmi ces matières il en est qu'elles déposent dans leur tissu sans les décomposer; qu'il en est d'autres qui s'y décomposent et y forment avec leurs élémens de nouveaux matériaux, lesquels, étant déterminés par l'action vitale propre à chaque espèce, peuvent se trouver différens dans les différens végétaux. C'est ce qui sera démontré plus en détail ultérieurement.

---

(1) Astier, Bull. des sc. agr. de Feruss., v. 5, n. 145; vol. 9, n. 87.

CHAPITRE III.

Marche de la Sève ascendante dans les végétaux vasculaires.

Dès que l'eau du sol, chargée des matières solubles qu'elle contient, est entrée dans les spongioles, elle fait partie des sucs du végétal vivant, et reçoit le nom de *lymphe*, de *sève ascendante*, ou de *sève*. Mustel la nommait *sève terrestre*, pour indiquer son origine. C'est de ce suc que nous devons maintenant nous occuper, pour reconnaître quelle est la route qu'il suit dans le végétal, quelles sont les circonstances qui modifient sa direction, sa vitesse ou sa quantité; quelle est enfin la cause ou la force qui détermine son ascension.

§. I. Route de la sève ascendante.

Tout le monde sait que la sève absorbée par les racines s'élève jusqu'aux parties foliacées; mais on a beaucoup divergé d'opinion sur la route qu'elle suit pour y parvenir.

Dans le commencement du siècle dernier, Parent et Rénéaulme (1) ont soutenu avec vivacité deux opinions contraires et également fausses. Parent soutenait que la

(1) Hist. de l'Acad. des sc. de Paris pour 1711.

sève monte par la moelle ; il se fondait sur ce que les branches tirent toujours leur origine d'un prolongement médullaire; sur ce que certains arbres, comme le platane, se dépouillent de leur écorce, etc. Rénéaulme croyait, au contraire, que la sève monte par l'écorce ; il se fondait sur ce que la moelle de certains arbres est nulle ou très-petite ; sur ce que les saules creux vivent avec l'écorce seule, etc. Chacun d'eux avait beau jeu pour attaquer son adversaire, mais était mal placé pour défendre sa propre opinion.

Cependant Magnol, dès 1709, avait cherché à résoudre la question par la voie de l'expérience. Il appliqua au règne végétal un procédé analogue à ce qu'on appelle *injections colorées* dans l'anatomie animale, et conserva ce nom, quoique peu exact. La petitesse des vaisseaux des plantes ne permet pas en effet d'y rien injecter; mais il profita de la disposition des racines et des branches à pomper les liquides qu'on met en contact avec elles, pour leur faire absorber des liquides colorés. Plus tard, Sarrabat (sous le nom de Delabaisse) (1), Duhamel, Hill et Bonnet, ont employé le même procédé. Magnol et Delabaisse se servaient du suc rouge de phytolacca; Duhamel et Bonnet employaient l'écorce et la teinture de garance. Hedwig s'est bien trouvé de l'infusion du bois de Fernambouc ; Hill s'est servi quelquefois d'une dissolution d'acétate de plomb, qu'il avivait après la succion, en plongeant la plante dans du sulfure d'arsenic ; mais il a surtout

(1) Dissert. sur la circul. de la Sève. 1 vol. in-12. Bordeaux, 1733.

adopté l'infusion de cochenille, qui mérite en effet la préférence, à cause de la facilité de la préparation, de la vivacité de la couleur, et parce qu'elle se corrompt plus lentement que les autres infusions d'origine organique, et n'altère pas le tissu végétal comme l'encre et les autres infusions de matières minérales; quelques-uns mettent un atome d'alun dans l'infusion de cochenille pour en retarder la putréfaction.

Quel que soit le liquide employé et les variations de l'expérience, les résultats généraux ont peu varié, savoir : que l'eau colorée ne pénètre ni par l'écorce ni par la moelle, mais toujours au travers du corps ligneux, tantôt dans toute son étendue, quelquefois dans sa partie la plus jeune, savoir, l'extérieur du corps ligneux des exogènes, et l'intérieur des endogènes. On obtient ce même résultat général, soit qu'on plonge les plantes munies de toutes leurs racines, soit qu'on emploie des branches coupées. Hales a vu que des branches de pommier, dépouillées d'écorce vers leur base, pompent l'eau comme celles qui en sont munies. Mustel a vu sur une branche de peuplier plongée par sa base dans l'eau colorée, que celle-ci s'était élevée par le corps ligneux seulement; et je me suis assuré que des branches de sureau plongées dans l'eau colorée par leur écorce seulement, ou par leur moelle seulement, n'en absorbent pas une quantité sensible.

C'est donc dans le corps ligneux seul qu'il faut cher cher la route de la sève; résultat qu'on aurait pu deviner d'avance, en songeant que cette partie seule est commune aux exogènes et aux endogènes. Si les saules et autres arbres creux paraissent vivre avec l'écorce seu-

lement, c'est qu'il y a toujours une certaine quantité de corps ligneux qui tapisse cette écorce à l'intérieur, et que la partie supérieure du tronc offre un bois mou, très-susceptible d'absorber l'humidité de l'air, et qui sert comme d'une éponge, d'où les branches pompent l'eau.

Lorsqu'on suit les traces des injections colorées dans le corps ligneux, on les voit rectilignes et parallèles; et, vues au microscope, elles paraissent monter le long des vaisseaux lymphatiques; mais cette route ne paraît pas être celle qu'elles suivent dans le cours ordinaire des choses. M. Bischoff a vu (1) que cette coloration des vaisseaux n'a pas seulement lieu dans les branches coupées, mais aussi dans les plantes entières trempant par leurs racines intactes. Il observe que la coloration des os (et non des vaisseaux) des animaux par la garance prouve que ce critère peut être très-trompeur. Il affirme que la coloration des vaisseaux des végétaux n'a lieu qu'en été, et non en hiver, quoiqu'il monte encore un peu de sève. Il rappelle que cette coloration est remarquable par son irrégularité : que souvent des faisceaux de tubes de la même plante, quoique placés d'une manière identique, sont très-inégalement colorés. D'après ces considérations, M. Bischoff pense que lorsque la plante est dans le sol, elle pompe à la fois de l'eau et de l'air; en sorte qu'elle peut recevoir par ses racines une quantité d'air, suffisante pour remplir ses vaisseaux, malgré

(1) *De vera vasorum spiralium plantarum structura et indole*, *Bonnæ*, in-8°, 1829, ou l'Extrait de cette Dissertation dans la Bibliothèque universelle, mai 1830, p. 89.

la déperdition continuelle qui s'en fait par les surfaces foliacées, et qu'alors le suc n'entre point dans les vaisseaux, où en effet on ne trouve en général que de l'air. Mais si la plante est placée dans un liquide coloré qui, ayant bouilli, contient fort peu d'air, elle absorbe l'eau colorée presque sans air. Cependant la déperdition de celui-ci continue par les feuilles, et il s'établit un vide dans les vaisseaux, qui se compense par l'infiltration d'eau colorée y entrant dans ce cas contre nature. M. Bischoff a, en effet, observé que cette entrée de l'eau colorée dans les vaisseaux se détermine à volonté, en y faisant le vide, soit avec la succion buccale, soit avec la pomme pneumatique; si le tronçon plonge dans de l'eau colorée, celle-ci monte dans les vaisseaux à mesure que le vide s'y établit.

Les conclusions de M. Bischoff ne me paraissent point ébranlées par les observations récemment publiées par M. Link (1): celui-ci semble même les confirmer, en reconnaissant que la matière colorante ne parvient pas dans les vaisseaux quand on se contente d'arroser le sol, c'est-à-dire, quand on fait entrer de l'eau aérée dans les plantes. Mais il se trompe, selon moi, quand il croit que l'eau colorée ne pénètre que par des solutions de continuité. Je l'ai vue en particulier pénétrer par les spongioles de radicelles, nées dans l'eau colorée, et certainement intactes. M. Link a arrosé diverses plantes avec de l'eau contenant 1,32 de cyanure de fer, puis avec de

(1) M. Link appelle trachées tous les genres de vaisseaux collectivement, tandis que, d'après l'usage ancien, je réserve ce nom aux trachées élastiques et déroulables.

l'eau contenant 1,32 de sulfate de fer oxidé : les vaisseaux se sont seuls colorés en bleu. Ce fait remarquable prouve seulement que c'est sur la membrane des vaisseaux, ou en dedans, ou en dehors, que s'est fait le dépôt de la matière colorante, comme il se fait dans les os des animaux. M. Link reconnaît lui-même que les vaisseaux (1) des racines ne se sont pas colorés ; ce qui devrait avoir lieu, dans son opinion. Croit-on qu'il n'y ait point de silice dans le suc des monocotylédons, quoiqu'on ne la trouve qu'à leur épiderme, parce que c'est là qu'elle se dépose? Je présume que lorsque la lymphe aborde aux vaisseaux par les méats qui les entourent, elle fournit de l'air qui remplit les vaisseaux, et dépose en même temps sur la paroi une partie des matières qu'elle renferme.

Il paraît donc prouvé qu'à l'état ordinaire, les vaisseaux renferment le plus souvent de l'air, et non de la sève, et il paraît certain que celle-ci passe par les méats intercellulaires. On pouvait déjà le penser, 1° par ce fait seul qu'elle s'élève dans plusieurs végétaux cellulaires, où on ne connaît point de vaisseaux. 2° Il y a des preuves que, dans certains cas, la sève se dévie avec facilité de la direction rectiligne. Ainsi, Hales (2) a fait à un tronc d'arbre quatre entailles qui atteignaient le centre, et occupaient chacune le quart de l'arbre. Il avait ainsi coupé toutes les fibres du tronc : l'arbre n'a point souffert, la sève a continué à monter comme à l'ordinaire, et a dû évidemment s'extravaser latérale-

---

(1) Ann. Sc. nat., juin 1831, p. 144.

(2) Statique des végétaux.

ment pour parvenir au sommet. Le même physicien a choisi trois tilleuls très-rapprochés; il a greffé par approche celui du milieu avec ses deux voisins : quand la soudure a été opérée, il a coupé en travers la partie inférieure du tronc de l'arbre du milieu; celui-ci a continué à vivre, nourri par les deux autres. Mustel a fait une forte entaille à un tronc sous l'origine d'une grosse branche; celle-ci a continué à végéter; d'où il conclut à l'existence d'une sève latérale. Il paraît, d'après ces faits, que la lymphe ne suit pas toujours les vaisseaux. 3° C'est un fait connu, que les couches ligneuses du côté inférieur des branches latérales d'exogènes sont d'autant plus épaisses, si on les compare à celles du côté supérieur, que les branches elles-mêmes sont plus horizontales. Cet accroissement d'épaisseur n'a jusqu'ici été expliqué que d'une seule manière, savoir : en admettant qu'une partie des sucs séveux du côté supérieur suinte au côté inférieur par l'effet de la pesanteur. Ce fait serait impossible si la sève marchait dans des vases clos; il est très-intelligible, si elle se glisse dans les méats intercellulaires. 4° On sait, en général, que la sève monte dans les parties abondamment munies de fibres rectilignes, et qu'elle est comme stationnaire dans les parties qui ne présentent que du tissu cellulaire arrondi, tels que le parenchyme de l'écorce, de la moelle, des feuilles, des tubercules et des fruits charnus; mais pour qu'elle s'extravase dans ce tissu arrondi et souvent dépourvu de vaisseaux, il faut bien admettre qu'elle se glisse ou de cellule à cellule, ou plutôt par les méats intercellulaires.

De ces faits et d'autres analogues, il est difficile de ne pas conclure que la sève ne monte pas habituellement

par les vaisseaux; car ceux-ci n'offrent ni anastomoses, ni directions latérales qui pussent expliquer ces diffusions de sucs; tout, au contraire, tend à nous amener à l'idée qu'elle s'élève, au moins dans le cours ordinaire de la vie végétale, par les méats intercellulaires. Au reste, c'est un des points les plus obscurs de la physiologie, et l'un de ceux qui méritent de nouvelles recherches.

J'ai décrit jusqu'ici la route de la sève par la presque totalité du corps ligneux, et surtout par l'aubier. C'est en effet ce qui résulte des expériences faites pendant la durée de la végétation; mais il paraît qu'il est des circonstances dans lesquelles on a aperçu une autre marche. Ainsi, Coulomb ayant percé des peupliers au premier printemps avec une tarière, ou les ayant coupés à coups de hache, a vu que, lorsque la blessure atteignait près du centre de l'arbre, l'instrument en ressortait mouillé; on entendait à l'intérieur du tronc une sorte de bourdonnement, et on voyait couler de l'eau mêlée d'air, tandis que rien de tout cela n'arrivait quand la tarière ou la hache n'atteignait pas le centre. Cette expérience, répétée par d'autres, a donné les mêmes résultats. La sortie de l'eau a lieu pendant le jour, et non pendant la nuit, plus abondamment dans les jours secs et clairs que dans les jours froids et humides. Il paraît donc qu'avant la naissance des feuilles, et à l'époque du développement des bourgeons, la sève presque en totalité passe près de la moelle, peut-être dans l'anneau qui entoure la moelle, et où les trachées se conservent à l'état élastique. D'un autre côté, M. Pollini (1) a répété l'expérience de Cou-

(1) *Elem. di botan.*, I, p. 282.

lomb sur des peupliers, au mois de novembre et au printemps, et il assure que, dans l'un et l'autre cas, il a obtenu un résultat uniforme, savoir, que l'eau mêlée d'air est sortie de toutes les parties du corps ligneux, quand il faisait un temps clair et chaud, et d'aucune, quand le temps était froid ou nuageux; d'où il conclut que le résultat obtenu par Coulomb est dû à quelque circonstance particulière non encore suffisamment analysée. Ce fait important, jusqu'ici isolé, appelle donc de nouvelles observations.

§. II. Vitesse, force et quantité de la Sève.

La vitesse avec laquelle la sève monte dans les tiges a été observée par Ch. Bonnet au moyen de ces mêmes injections colorées, qui nous ont appris sa route générale. Il a pris des haricots étiolés et a plongé leurs racines dans l'encre; grâce à la transparence de la tige, il a vu les traces de l'encre s'élever tantôt à trois pouces en une heure ou un demi-pouce en une demi-heure; mais ces expériences sont peu concluantes, parce qu'elles étaient faites sur une plante malade avec un liquide délétère, et que, d'après les expériences de Bischoff citées plus haut, elles pourraient bien indiquer un autre phénomène que la vraie ascension de la sève. Celles de Hales méritent plus d'attention.

Cet habile observateur fit fouiller le pied d'un poirier vigoureux; il mit à nu une racine dont il introduisit la coupe transversale dans un tube de verre: ce tube était fermé hermétiquement du côté supérieur avec un lut approprié (1). Il était rempli d'eau et reposait par sa base

(1) La qualité de ce lut est un objet important dans les expé-

dans une cuvette de mercure; en six minutes, le mercure soumis dans la cuvette au poids de l'air atmosphérique s'éleva à huit pouces dans le tube, pour y remplacer l'eau absorbée. Des expériences semblables à celles de Hales, et faites avec des branches détachées de leurs troncs, ont donné des résultats analogues : ainsi on a vu une branche de pommier élever en une demi-heure le mercure à cinq pouces un quart; des branches de vigne l'élevèrent à quatre pouces le premier jour et à deux pouces le second. Une branche de pommier non-pareil éleva en sept minutes le mercure à douze pouces de hauteur.

Non-seulement les branches tirent l'eau avec force lorsqu'elles sont dans leur position naturelle, mais elles la tirent avec une énergie presque égale lorsqu'on les y plonge par leur extrémité supérieure tronquée : ainsi, d'après l'expérience de Hales, une branche de pommier renversée éleva le mercure à onze pouces et demi en trois heures, et une seconde fois à onze pouces trois quarts en une heure et demie. Cependant, dans d'autres expériences, on a trouvé, comme je l'ai expliqué dans le chapitre précédent, une différence entre l'absorption des boutures implantées en terre dans leur situation naturelle ou en sens inverse; ces dernières ont moins bien végété, et les bourgeons les plus près de la section absorbante se sont seuls développés.

Les exemples les plus frappans de la force avec laquelle la sève monte dans les végétaux, se tirent des expé-

---

riences. Il faut qu'il soit assez adhérent pour empêcher complètement le passage de l'air; et cela est difficile, vu que l'écorce des végétaux exsude souvent un peu d'humidité.

riences de Hales sur les pleurs de la vigne. Tout le monde sait que lorsque la vigne est taillée, on voit au premier printemps couler de l'eau par les entailles où le bois est à nu, tandis que dans les arbres non taillés cette eau ne s'écoule point et sert à développer les bourgeons. Le même écoulement a lieu dans tous les cas où l'on coupe la sommité d'un arbre au printemps, ou bien dans ceux où l'on fait des entailles profondes à des végétaux. Ainsi on obtient une grande quantité d'eau en coupant avant la fleuraison l'extrémité du spathe des palmiers, ou en taillant les érables ou les bouleaux au premier printemps. Scott assure que l'eau rendue à cette époque par un bouleau est égale au poids de l'arbre entier. M. Adams (1) ayant coupé la sommité d'un *rosa rubiflora* au mois de juillet, il s'écoula par la coupe une once de sève en quarante minutes, et on en obtint trente-une onces en une semaine.

Hales a voulu connaître avec quelle force la sève s'élève dans les troncs; il a, dans ce but, adapté un tube au sommet d'un chicot de vigne de sept pouces de longueur; ce tube était luté de manière que l'eau qui sortait de la vigne ne pouvait s'écouler et s'accumulait dans le tube poussé par la nouvelle eau qui sortait du tronc. Dans une première expérience, l'eau s'éleva à vingt-un pieds; dans une seconde, ayant mis du mercure dans la jauge supérieure, l'eau qui sortait du chicot l'éleva à trente-huit pouces; ce qui, vu la différence du poids spécifique des deux liquides, équivalait à quarante-trois pieds trois pouces un tiers d'eau. La force qui pousse la sève doit, dans ce cas, être suffisante pour soutenir deux fois et

(1) *Quart. Journ. of scienc.*, 1828, p. 147.

demie le poids de l'atmosphère. Hales calcule qu'elle est cinq fois plus grande que celle qui pousse le sang dans l'artère crurale du cheval.

Senebier a élevé contre l'expérience de Hales des doutes motivés sur ce qu'il paraît extraordinaire que si la sève s'élève avec la force que suppose cette expérience, elle fut arrêtée par la frêle enveloppe d'un bourgeon; mais il est évident que ce n'est pas l'enveloppe seule du bourgeon qui l'arrête; c'est qu'elle est alors employée au développement des parties nouvelles, et que n'étant pas chassée au dehors, il n'en entre pas par la racine une si grande quantité.

Ces expériences sur la vitesse et la force de la sève tendent à prouver que la cause du phénomène doit être énergique, et ne peut être assimilée aux phénomènes lents et faibles de la capillarité ou de l'hygroscopicité; mais, pour rechercher cette cause, il faut encore étudier les circonstances qui influent sur l'intensité des effets. Ces circonstances sont de divers genres: les unes étrangères, les autres inhérentes au végétal. Parmi les premières, il en est deux qui méritent d'être mentionnées, savoir, la température et la lumière. Tous les faits démontrent que, toutes choses étant d'ailleurs égales, la quantité d'absorption et la vitesse de l'ascension vont en croissant avec la chaleur et en diminuant avec le froid de l'atmosphère. Ainsi, deux branches égales étant placées dans deux locaux également éclairés, celle qui est dans le lieu le plus chaud pompe davantage. Si on met en hiver un arbre avec ses racines en terre ou plongées dans un vase d'eau à une température de quelques degrés seulement au-dessus de zéro, et qu'on introduise une branche dans une serre chauffée à douze ou quinze degrés, cette

branche développe ses feuilles et ses fleurs, tandis que le reste de l'arbre, exposé à l'air froid, est encore dans un état complet de torpeur. Cette expérience, d'un côté, démontre clairement l'influence de la chaleur pour activer le mouvement de la sève; de l'autre, elle prouve aussi que cette action n'est pas purement locale, mais que lorsque les bourgeons sont excités par la chaleur, ils appellent à eux la sève, et, en faisant une sorte de vide, tendent à exciter l'action absorbante des racines. L'eau qui développe ces bourgeons ne provient pas en effet de la serre dans laquelle ils vivent, mais de la terre ou de l'eau qui entoure les racines; car cette eau diminue dans les bocaux où les racines sont plongées, comme je m'en suis assuré par l'expérience. M. Knight était arrivé au même résultat en considérant que le tronc des arbres dans cette position est plus sujet au froid qu'à l'ordinaire, ce qui prouve qu'il contient plus d'eau dans la partie située au-dessous de celle qui est en serre. C'est principalement, comme nous le verrons plus tard, par cet effet de la température atmosphérique, que le réveil de la végétation se détermine au premier printemps; époque mémorable, où l'action est la plus intense, malgré l'absence des feuilles qui dans le cours ordinaire des choses en sont les agens les plus puissans.

La lumière exerce aussi une influence sur l'ascension de la sève. Tous les observateurs ont remarqué que les branches ou les plantes enracinées et chargées de feuilles plongées dans l'eau, pompent beaucoup plus le jour que la nuit. Si, toutes choses étant d'ailleurs égales, on met deux plantes feuillées, l'une à l'obscurité totale, l'autre exposée ou au jour pur, ou au soleil, ou à la lumière

des lampes, on voit que la plante exposée à la clarté aspire sensiblement davantage d'eau que celle qui est à l'obscurité, sans que cependant la succion soit tout-à-fait nulle dans ce dernier cas. J'ai répété plusieurs fois ces expériences; et si je ne cite pas des chiffres proportionnels, c'est parce que les quantités absolues en sont très-variables, et que la loi générale peut seule être exprimée avec quelque utilité.

Mais, quoique la plupart des expérimentateurs soient d'accord sur ce point, il y a quelques faits qui paraissent en opposition avec ceux-ci. Ainsi, M. Labillardière (1) dit que l'areng à sucre, palmier auquel on fait une entaille pour en obtenir la liqueur sucrée, donne plus de sucre la nuit que le jour, mais que celle du jour est plus sucrée. M. Mirbel (2) a remarqué dans un marronier auquel il avait fait une entaille, que la sève montante coulait goutte à goutte et plus abondamment la nuit que le jour. Il reste à vérifier quelles sont les particularités de saison, d'âge, d'espèce, etc., qui peuvent rendre raison de ces faits contradictoires.

Quant aux circonstances inhérentes au végétal même qu'on met en expérience, il en est deux qui méritent d'être mentionnées dans la comparaison des individus d'une même espèce.

1°. Toutes choses étant d'ailleurs égales, la quantité d'eau absorbée est proportionnelle à la surface de la coupe de la branche ou de la racine.

---

(1) Voyage à la recherche de La Peyrouse, I, p. 303.

(2) Mém. sur les fluides contenus dans les végétaux; lu à l'Institut, 18 frim. an XIV.

2°. Si les surfaces absorbantes sont égales, l'absorption est d'autant plus grande, que les surfaces évaporatoires sont plus considérables. Ainsi, si je prends deux branches de pommier parfaitement égales, et que je laisse à l'une dix feuilles et à l'autre vingt, celle-ci pompera sensiblement le double de la première. Sans doute pour estimer exactement ces proportions, il faudrait pouvoir compter le nombre des stomates de chaque branche; mais comme ce calcul serait, sinon impossible, du moins très-difficile, eu égard à son utilité, on se contente avec raison de l'approximation qui résulte de la moyenne de plusieurs expériences plus vagues.

Ces deux règles sont vraies tant qu'il s'agit du cours ordinaire de la végétation; mais, toutes choses étant d'ailleurs semblables, l'absorption n'est pas égale dans toutes les saisons: elle est plus active au printemps qu'en été et en été qu'en automne. Trois branches de marronnier semblables, mises en expérience par M. Savi (1), pompèrent dans un temps égal; la premiere, en mai, 125 grains d'eau; la deuxième, en juillet, 84; la troisième, en septembre, 74. En second lieu, nous avons déjà fait remarquer que l'absorption suit des lois différentes au premier printemps, époque où, quoique la température soit en général peu élevée et que les organes évaporatoires manquent, il y a une absorption considérable.

Cet effet est encore très-manifeste dans les arbres qu'on effeuille, comme les mûriers. Dès que cette opération a lieu, les jeunes bourgeons prennent de l'accrois-

(1) *Elem. di botanica*, p. 141.

sement et appellent à eux la sève nécessaire pour leur développement, et on y établit pour ainsi dire à volonté les phénomènes du premier printemps. L'époque de la sève d'août paraît due à une cause analogue. Quand l'action des feuilles du printemps commence à se ralentir par les dépôts terreux et charbonneux qui les obstruent, les rudimens des bourgeons qui existent à leur aisselle, ou quelquefois même au sommet des rameaux, prennent plus ou moins d'activité, et tendent à se développer ou au moins à grossir.

Lorsqu'il s'agit de comparer des végétaux d'espèces différentes, les lois que nous avons citées tout à l'heure se retrouvent d'autant plus exactement, que les végétaux sont moins différens entre eux. Mais toutes les espèces, même quand il s'agit d'individus égaux en grandeur, n'absorbent pas et n'exhalent pas avec la même énergie, et il serait impossible, dans l'état actuel de l'organographie, de rendre raison de pareilles différences. Dans les deux règnes organiques, tout ce qui tient au tempérament propre des espèces échappe le plus souvent à tout examen.

§. III. Causes de l'ascension de la Sève.

La cause qui détermine l'ascension de la sève et tous les phénomènes remarquables par leur énergie qui l'accompagnent, a été dès long-temps l'objet des recherches et des hypothèses des physiologistes. Les savans, nés à l'époque de la philosophie cartésienne, ont toujours cherché des explications purement mécaniques des phénomènes vitaux, et cette disposition existe souvent en-

core parmi ceux qui n'ont étudié que les sciences purement physiques ou chimiques et ont peu réfléchi sur les questions vitales. Ceux qui mettraient de l'intérêt à connaître toutes les opinions anciennes à ce sujet, en trouveront un résumé dans l'ouvrage de M. Sprengel sur la structure et la nature des plantes (1). Je me bornerai à citer ici les opinions qui ont quelque célébrité.

Fabri (1666) a tenté d'établir que la cause de l'ascension n'est pas une cause vitale; il l'a rapportée à une sorte de feu dont la plante est saturée.

Grew a cherché l'explication des faits dans le jeu des cellules, et, sous ce rapport, il me paraît s'être plus approché de la vérité qu'aucun de ses successeurs. On ne peut lui reprocher que d'avoir conçu ce jeu des cellules d'une manière trop mécanique. Il supposait que, lorsqu'elles étaient remplies, elles pressaient les vaisseaux et forçaient le liquide à monter. Mais la sève monte aussi bien, et peut-être plus activement, quand les cellules commencent à présenter un peu de vacuité; et d'ailleurs il faudrait expliquer la cause qui remplit les cellules.

Malpighi croit que l'ascension est due à la raréfaction et à la condensation de la sève dans les trachées; mais il est très-douteux que la sève passe dans les trachées, et il est certain qu'elle monte dans des végétaux qui ne peuvent offrir presque aucune variation de température.

Digby, Perrault et Wolf ont comparé le phénomène à une vraie fermentation, et se sont livrés à ce sujet à des raisonnemens que l'état actuel de la chimie a condamnés à l'oubli.

---

(1) *Vom Bau und der Natur der Gewæchse.* Halle, 1812, in-8°.

De Lahire (1) pense que les vaisseaux des plantes sont, comme les veines des animaux, munis de valvules, que l'expansion de l'air force le liquide à monter, et que les valvules l'empêchent de redescendre; mais De Lahire n'avait point vu ces valvules, et, malgré les progrès que l'anatomie a faits depuis son temps, on ne les a point aperçues.

Borelli et Hales cherchent l'explication du fait dans l'extension que les liquides donnent à la moelle par suite des changemens de température. Gouan (2) attribue aussi l'ascension de la sève aux variations de la température ambiante, oubliant, comme les précédens, que la sève monte tout aussi bien dans les serres, où les variations sont presque nulles, et n'a pas lieu dans les arbres morts qui sont soumis à toutes ces variations.

D'autres ont comparé, avec plus de raison, l'ascension de la sève à l'élevation de l'eau dans les tubes capillaires; et parmi les modernes, Davy (3) a encore soutenu que c'était par l'action capillaire des vaisseaux que les plantes pompent leur nourriture. Il n'est pas douteux que la capillarité des vaisseaux entre pour quelque chose dans le phénomène; mais qu'elle en soit la cause directe, c'est ce qui est peu admissible. En effet, cette cause ne rend raison ni de la rapidité du fait (4), ni de l'élévation

---

(1) Acad. des sc. de Paris pour 1693.

(2) Discours sur les causes du mouvement de la sève. In-4°. Montpellier, 1802.

(3) Chim. agr., trad. franç., I, p. 7.

(4) J'ai sous les yeux le tableau d'expériences qui ont été faites par M. Nicod Delon, sur l'ascension de l'eau dans des tubes pleins de sable. L'eau est restée sept mois pour s'élever à vingt-

à laquelle la sève arrive (1), ni de ce que le phénomène cesse avec la vie.

On peut faire les mêmes objections contre la théorie de Senebier, qui attribue l'ascension de la sève simplement à la faculté hygroscopique des vaisseaux. Cette faculté, dans tous les cas où elle est bien connue, s'exerce avec une lenteur qui contraste avec la rapidité de la marche de la sève. Celle-ci monte également dans les plantes aquatiques et dans les plantes aériennes, quoiqu'elles soient dans des situations hygrologiques bien différentes. Sans nier que l'hygroscopicité du tissu entre pour quelque chose dans le phénomène, on ne peut la reconnaître pour cause efficiente.

Davy (2) pense encore qu'on peut expliquer la force d'ascension de la sève par un principe déduit des expériences de Montgolfier, qui ont prouvé qu'au moyen d'une très-petite force on pouvait élever des liquides à des hauteurs presque indéfinies, pourvu que la pression de la colonne du liquide soit détruite par de nombreuses interceptions ou valvules. Ce principe s'applique surtout à l'ascension de la sève dans les canaux qui ne sont pas rectilignes, tels que les méats intercellulaires. Cette explication rend très-bien raison de l'une des causes physiques qui font que les forces très-faibles des végétaux suffisent pour un aussi grand résultat; mais elle ne doit

---

neuf pouces dans du sable de mica, celui de tous où elle a marché le plus vite.

(1) L'eau ne s'élève qu'à deux décimètres dans un tube de 1/200 de millimètre de diamètre.

(2) Chim. agr., I, p. 228, trad. franç.

point être isolée de la vie. M. Chaptal (1), en la citant, l'a évidemment entendu ainsi.

M. Dutrochet a dans ces derniers temps (2) appelé l'attention des physiologistes sur une modification de la capillarité et de l'hygroscopicité à laquelle il attribue la cause de l'ascension de la sève, et qu'il a désignée sous le nom d'*endosmose*. Ayant observé que des végétaux qui avaient perdu une petite partie de leur poids par la dessiccation, le reprenaient en quelques heures, lorsqu'on plongeait leurs racines dans l'eau, mais qu'elles ne le reprenaient point si la dessiccation avait été poussée trop loin, il avait conclu que cette faculté d'absorption était liée à la vie : il a vu qu'une gousse de baguenaudier, ou une vessie organique pleine d'un liquide plus dense que l'eau et plongée elle-même dans l'eau, pompe de ce liquide au-delà même de la quantité que sa capacité en peut contenir; il a mesuré cet effet en adaptant un tube de verre au haut de la vessie, pleine de lait ou de liquide coloré. On voit alors le liquide monter dans le tube. L'endosmose est, selon lui, l'acte par lequel une surface poreuse absorbe ainsi plus de liquide que sa capacité n'en peut contenir. Il appelle *exosmose* l'effet contraire, c'est-à-dire, le cas inverse où le liquide se dirige en général du plus fluide au plus dense; mais il y a deux courans en sens opposés, et l'effet général tient seulement à ce que ces courans sont inégaux.

---

(1) Chim. agr., I, p. 229.

(2) L'agent immédiat du mouvement vital dévoilé dans sa nature et dans son mode d'action chez les végétaux et chez les animaux. In-8°. Paris, 1826.

Cet effet n'a pas lieu seulement avec des matières vivantes; il s'exécute tout aussi bien avec des vessies mortes et desséchées depuis long-temps; il s'exécute même avec des matières minérales poreuses, telles que le grès, etc.

M. Dutrochet a pensé que ce transport d'un liquide au travers d'une substance poreuse était dû à l'électricité, qu'il nomme *intrà-capillaire* (1), se fondant sur ce que M. Porret a vu qu'un courant électrique, établi entre deux portions de liquide dont les niveaux sont différens et qui sont séparés par une vessie, peut rendre la vessie perméable, et établir l'égalité entre les niveaux des liquides; il croyait que le fait avait lieu dans la direction du pôle + au pôle —; mais M. Auguste de La Rive (2) a montré que le fait peut s'effectuer dans les deux sens indifféremment, qu'il faut que le liquide soit mauvais conducteur, et que le courant électrique soit très-énergique. Or, rien ne prouve qu'il y ait développement d'électricité au contact de deux liquides, et s'il y en a, il doit être très-faible. On ne peut donc attribuer à l'électricité les faits observés par M. Dutrochet.

D'un autre côté, M. Poisson a démontré (3) que la capillarité pouvait ne pas donner seulement lieu à l'équilibre, mais, dans certains cas, à un mouvement continu; de sorte que les expériences de M. Dutrochet peuvent être le résultat de l'action capillaire, jointe à la différence d'affinité des substances hétérogènes.

---

(1) Journ. de Pharm., 1828, p. 318.
(2) Ann. chim. et phys., 1826, p. 190.
(3) *Ibid.*, 1827, v. 35, p. 98.

Les faits observés par M. Dutrochet ne sont plus, d'après leur auteur même (1), des phénomènes exclusifs aux matières organiques, mais rentrent dans la physique générale. Ils expliquent très-bien, par exemple, comment un vase de terre poreuse, qui repose dans un vase d'eau, pompe sans cesse de cette eau; et on se sert de ce procédé dans les jardins pour entretenir une humidité habituelle dans les vases. Mais peut-on voir dans ce phénomène la cause immédiate de l'ascension de la sève? Je ne le pense pas, et je n'y trouve que l'une de ces circonstances physiques qui facilitent l'ascension, et qui font que des forces aussi faibles que les forces vitales des végétaux peuvent produire d'aussi grands résultats.

En effet, on peut objecter à toutes les théories purement mécaniques, 1° que tous les faits disparaissent avec la vie: or, le tissu conserve sa faculté hygroscopique, les vaisseaux gardent leur capillarité; pourquoi donc la sève ne monte-t-elle plus? 2°. Aucune de ces explications mécaniques ne rend raison ni de la direction déterminée des liquides, ni des circonstances de détail du phénomène, ni en particulier de l'action importante de la lumière pour le déterminer. La cause de l'ascension de la sève doit donc être liée à la vie; c'est une des conséquences de la force vitale. On conçoit facilement que le vide formé par l'évaporation, la capillarité des méats ou des vaisseaux des plantes, la faculté hygroscopique de leur tissu, les alternatives de la chaleur et du froid, de la lumière et de l'obscurité, peuvent être des causes qui facilitent l'ascension de la sève; mais ni séparées, ni réu-

(1) Feuilleton du *Temps*, 27 juillet 1831.

nies, ces causes ne peuvent l'opérer sans quelque contractilité vitale des vaisseaux ou des cellules. Comparez la manière lente, faible et graduée, dont l'eau s'infiltre dans le bois d'un tronc mort, et la rapidité avec laquelle elle s'élance au sommet d'un arbre vivant, et vous aurez la mesure des effets dus aux causes mécaniques, et de ceux dus à l'action vitale.

Ce mélange d'actions purement physiques et d'une action vitale répond assez bien à la théorie d'ailleurs incorrecte et incomplète de Lamétherie (1), qui rapportait l'ascension de la sève, 1° à la capillarité; 2° à l'action de l'air dilaté et condensé alternativement; 3° à la réaction des solides qui auront été distendus, réaction qui est plus sensible dans leur jeunesse. Mais quelle idée peut-on se faire de cette réaction ou action des solides?

H. B. de Saussure avait imaginé que les vaisseaux des plantes étaient doués d'une sorte de contractilité analogue au mouvement péristaltique des intestins; il supposait qu'ils se resserraient de place en place, et que le resserrement, en s'élevant graduellement, entraînait avec lui le liquide situé au-dessus par un effet analogue au vide des corps de pompe. Cette hypothèse ne peut être soutenue quant à ses détails, et est entièrement dénuée de preuve directe. Je n'affirme donc nullement que ce soit de cette manière que le phénomène s'opère; mais je crois qu'on peut assurer qu'il est dû à quelque mode de contraction vitale, facilitée par les causes diverses mentionnées plus haut. Au lieu de rapporter cette contractilité aux vaisseaux, je crois devoir la rapporter prin-

(1) Journ. de phys., Récapit. pour 1798.

cipalement et peut-être uniquement aux cellules : 1° parce que les cellules existent dans le règne végétal entier, tandis que les vaisseaux sont l'apanage d'une seule classe; 2° parce qu'il est très-douteux que la sève passe dans les vaisseaux, et qu'il est vraisemblable qu'elle se glisse le plus souvent par les méats intercellulaires; 3° parce que les phénomènes de la rotation et ceux des empoisonnemens, que nous examinerons plus tard, semblent indiquer directement la contractilité des cellules. D'après ces considérations, je me suis hasardé à croire, comme je l'ai indiqué liv. Ier, chap. 6, que les cellules sont douées d'une contractilité vitale analogue aux mouvemens de systole et de diastole qu'on observe soit dans le cœur des vertébrés, soit dans les hydatides et autres animaux analogues, et que ce mouvement, qui élargit et rétrécit alternativement les cellules et les méats intercellulaires, sert aussi à déterminer la marche de la sève. On conçoit, dans cette manière de voir, comment la lumière et la chaleur, qui sont des excitans de tous les corps vivans, excitent aussi l'action vitale des cellules végétales. On comprend comment les phénomènes existent au fond des eaux comme dans l'air; comment ils s'exercent à toutes les hauteurs et à toutes les époques, et comment enfin ils disparaissent avec la vie.

Mais, dira-t-on, expliquer un fait par une cause inexpliquée elle-même, c'est ne rien éclaircir. Je l'avoue; mais que fait-on d'autre dans toutes les sciences quand on arrive aux forces élémentaires? L'astronome a-t-il expliqué le mouvement des planètes, quand il l'a rapporté à la cause inexpliquée de l'attraction? Le chimiste a-t-il expliqué les actions réciproques des corps quand il

les a rapportées à la cause inexpliquée de l'affinité? Non, sans doute; il n'a fait que les classer sous une loi générale : c'est ce que fait le physiologiste, quand, après avoir prouvé l'insuffisance des forces mécaniques et chimiques pour l'explication d'un fait, il rapporte ce fait à la force vitale.

Ainsi, dans la manière dont nous considérons l'ascension de la sève, 1° les spongioles des racines y concourent pour la faire pénétrer dans le tronc et la pousser *à tergo*, mais sans lui imprimer de direction déterminée. 2° Les feuilles, tant qu'elles existent, en aspirant de la sève, et en exhalant l'eau surabondante, déterminent le mouvement général d'ascension directe. En effet, la masse s'en dirige toujours vers les branches feuillées, plutôt que vers celles dont on a enlevé les feuilles; elle a de la peine à atteindre les sommités des branches défeuillées jusqu'au sommet, tandis qu'une houppe de feuilles terminales (comme on a soin de les laisser aux mûriers qu'on effeuille) détermine son appel au sommet des branches. 3°. Enfin, l'enveloppe cellulaire qui entoure les branches, et qui communique avec toutes les couches du corps ligneux et cortical par les rayons médullaires, appelle, par l'action de ses cellules vivantes, la sève dans un sens transversal. Cette sève transversale est surtout appelée vivement au premier printemps par l'effet de la chaleur sur les cellules externes; elle traverse alors le passage qui sépare les corps ligneux et cortical, et y lubréfie les jeunes cellules qui tendent à se développer de chacun de ces corps. Ce sont ces jeunes cellules, pleines de l'eau aspirée du corps ligneux par les rayons médullaires, qui forment le cambium, et c'est lorsqu'il en est

gorgé qu'on a coutume de dire que l'arbre est en sève. Dans le reste de l'été, le cambium est beaucoup moins rempli d'eau, soit parce que, par suite de l'action de la végétation, il s'est solidifié, soit parce que l'enveloppe cellulaire aspire moins la sève dans le sens latéral, à raison de ce que ses cellules se sont un peu obstruées, que le contraste d'une chaleur soudaine ne tend plus à les exciter, et que les feuilles bien développées exercent alors une action rivale et prépondérante. Dans les végétaux endogènes, où il n'y a point de prolongemens médullaires, la sève est essentiellement appelée au sommet par les feuilles; ce n'est que dans leur jeunesse que l'enveloppe cellulaire de leurs branches peut encore, par les méats intercellulaires, aspirer un peu d'eau. Tant que ce phénomène dure, c'est-à-dire, tant que les jeunes pousses sont encore herbacées, elles peuvent croître en largeur par cette absorption latérale; dès que les parties extérieures s'endurcissent, l'accroissement latéral devient impossible, parce que l'enveloppe cellulaire n'exerce plus son action.

Nous renvoyons au chap. 14 l'application de ces données générales à la marche annuelle de la végétation, et nous poursuivrons immédiatement l'examen des phénomènes essentiels de la nutrition.

CHAPITRE IV.

De l'Émanation ou Exhalaison aqueuse des Végétaux vasculaires.

Tout le monde sait que des végétaux frais exposés à l'air abandonnent à celui-ci une partie notable de leur humidité. Mariotte paraît être le premier qui ait cherché à se faire une idée de ce phénomène. Il a placé une branche chargée de ses feuilles dans un bocal clos, et a recueilli deux cuillerées d'eau déposée sur les parois du vase en deux heures. Hales a mesuré avec plus d'exactitude la transpiration d'un hélianthe annuel. Il a planté un hélianthe de trois pieds de hauteur dans un vase; l'orifice du vase était fermé par une platine percée de deux trous : l'un donnait passage à la tige ; l'autre servait à introduire les arrosemens. Le pot et la plante furent pesés soir et matin pendant quinze jours. Il résulta de ces observations que la plante perdit par l'évaporation une quantité moyenne de 20 onces par jour. Un chou de moyenne grosseur perdit, dans les mêmes circonstances, 19 onces. Plenk (1) admet qu'une tige de maïs exhale 7 onces d'eau par jour, un chou 23 onces, un héliotrope 24 onces, etc., et Guettard estime qu'une branche de cornouiller, pesant 5 gros et demi, et plongeant

(1) Physiol. végét., p. 61.

par sa base dans l'eau, exhale en vingt-quatre heures une quantité d'eau de 1 once 3 gros 3/4. Des calculs assez compliqués ont conduit Hales à établir que cette évaporation de l'hélianthe ou du chou est, à surface égale, dix-sept fois plus grande que celle que le corps de l'homme éprouve par la transpiration insensible. Lors même que ce calcul pourrait être contredit, il n'y a aucun doute que les végétaux évaporent une grande quantité d'eau; mais quand on examine les faits de plus près, on reconnaît clairement qu'il est ici divers phénomènes qu'on doit nécessairement distinguer.

1°. Si l'on place à l'air libre des fruits charnus, tels que des pommes ou des raisins, ou des tubercules, tels que des pommes de terre, on s'aperçoit, au bout d'un temps plus ou moins long, qu'ils ont perdu quelque chose de leur poids, et déposé un peu d'humidité sur les parois de la cavité qui les renferme; mais cet effet est très-lent; il peut durer plusieurs mois avant que la déperdition devienne bien sensible. Il a lieu d'une manière graduée, et est plus activé par la chaleur que par toute autre cause. Cet effet lent, qui tend à priver d'eau peu à peu toutes les parties cellulaires des végétaux, et qui s'exécute au travers de leur tissu sans pores apparens, est ce que je nomme la *déperdition insensible*. C'est peut-être un phénomène indépendant de la vie, ou qui tout au moins ne paraît pas jouer un grand rôle dans les phénomènes vitaux. Cette déperdition s'explique par la perméabilité du tissu et la tendance de l'eau à s'évaporer quand elle est voisine de l'air. Son appréciation exacte est compliquée par la petite quantité de carbone que, dans certains cas, comme nous le verrons plus tard,

l'oxigène de l'air enlève au tissu végétal. Dans les cas auxquels je fais ici allusion, les parties parenchymateuses sont entourées d'une cuticule ou d'un épiderme sans stomates, qui, étant très-peu perméable, retient l'humidité, et n'en laisse échapper qu'une très-faible portion.

2°. Si on expose à l'air libre des organes ou des végétaux dépourvus d'une véritable cuticule, comme le sont les feuilles des plantes immergées dans l'eau (1), ou celles des végétaux cellulaires, on voit une déperdition d'eau très-variable dans son intensité selon les espèces. Les feuilles des plantes qui vivent habituellement dans l'eau, perdent, en général, avec une grande rapidité celle que leur parenchyme renferme; ce que M. Ad. Brongniart attribue à l'absence de la cuticule. Ce phénomène se présente même dans la plupart des cryptogames aquatiques; mais dans quelques-unes de celles-ci et dans plusieurs cryptogames aériennes, la déperdition est extrêmement lente, comme on le voit dans les mousses, dans certains fucus, dans les champignons coriaces, et surtout dans les lichens. Cette lenteur de déperdition, malgré l'absence de toute véritable cuticule, paraît tenir, soit à ce que les cellules des cryptogames, plus intimement soudées que celles du parenchyme des feuilles ordinaires, laissent moins de passage à l'eau pour s'évaporer, soit parce que, dans plusieurs cas, les couches extérieures sont assez serrées pour jouer le rôle de cuticule ou d'épi-

---

(1) Ad. Brongniart, Mém. sur les fonctions des feuilles; Ann. des Sc. nat., décembre 1830.

derme, soit enfin par suite de quelque disposition hygrologique du tissu.

3°. Si enfin on place dans les mêmes circonstances des feuilles, ou, en général, des organes revêtus d'une cuticule plus ou moins munie de stomates, on observe alors des phénomènes plus actifs, c'est-à-dire, l'exhalaison dans un temps très-court d'une immense quantité d'eau. C'est cette fonction qui s'exerce évidemment par les stomates, que je désigne sous le nom d'*émanation* ou *exhalaison aqueuse*, pour la distinguer de la précédente. Il est bien probable que les parties des organes foliacés qui ont des stomates, sont aussi soumises à la déperdition insensible, et que, par conséquent, nous confondons les résultats de ces deux causes dans les expériences citées; mais la déperdition insensible entre dans le phénomène pour une si petite fraction, qu'on peut la négliger sans inconvénient. Attachons-nous donc maintenant à examiner les circonstances de cette importante fonction, pour en déduire ensuite son rôle physiologique.

Toutes les parties d'une même plante n'exhalent pas de l'eau en même quantité, et les expériences se résolvent toutes à prouver que, sauf les faits qui se rapportent aux deux cas précédens, et toutes choses étant d'ailleurs égales, l'émanation de chaque partie est en raison directe du nombre de ses stomates. Ainsi les surfaces des feuilles qui en sont munies exhalent plus que celles qui en sont dépourvues; les écorces vertes et munies de stomates, plus que celles qui en manquent; et, au contraire, les racines, les graines, et, en général, tous les organes sans stomates, ne sont soumis qu'à la déperdition insensible.

Si l'on compare les végétaux entre eux, on arrive aux mêmes résultats généraux : ainsi les feuilles charnues, qui ont peu de stomates, exhalent peu; les pétales et les fruits charnus, qui n'en ont point, ne semblent soumis qu'à la déperdition insensible.

Tous ces faits résultent d'expériences faites par Guettard (1), Saint-Martin (2), Bonnet (3) et Senebier (4), avant même qu'on connût l'existence des stomates. M. Knight (5) les confirme, en montrant qu'une feuille de vigne n'exhale de gouttelettes d'eau que du côté inférieur, c'est-à-dire, celui où elle a des stomates, et non du côté supérieur.

Les circonstances extérieures qui peuvent influer sur le phénomène, sont, comme à l'ordinaire, la chaleur et la lumière; mais la chaleur, qui semble avoir une action sensible sur la déperdition, paraît, au contraire, en avoir très-peu sur l'exhalaison. La très-petite augmentation dans le poids perdu par les végétaux exposés à une température plus ou moins grande (pourvu qu'il ne s'agisse pas de degrés de chaleur propres à désorganiser leur tissu) doit, en effet, s'attribuer aussi bien à l'accélération de la déperdition insensible qu'à celle de l'exhalaison.

La lumière paraît être, au contraire, celle des causes extérieures qui agit avec le plus d'intensité pour exciter l'exhalaison. Senebier a observé que, lorsqu'on place une plante à l'obscurité totale, elle cesse subitement de

(1) Mém. de l'Acad. des sc. de Paris pour 1748.
(2) Cité par Senebier, Physiol. végét.
(3) Recherches sur les feuilles.
(4) Mém. physico-chim. et physiol. végét.
(5) *Philos. trans.*, 1803, p. 277.

transpirer, quoiqu'elle continue à pomper encore quelque temps; de sorte que son poids augmente un peu. Hales avait déjà vu que les végétaux ne transpirent que pendant le jour, et qu'ils augmentent un peu de poids pendant la nuit. Ce phénomène est déterminé, soit par la cessation de l'exhalaison, soit parce que l'air extérieur, devenant plus humide, dépose quelques gouttelettes d'eau à leur surface; soit enfin parce que les parties vertes absorbent un peu d'oxigène pendant la nuit. Guettard et Senebier ont renfermé des branches chargées de feuilles dans des ballons, et les ont exposées, les unes à la lumière, les autres à l'obscurité : les premières ont rendu une quantité d'eau beaucoup plus grande que les secondes. J'ai vu que la lumière des lampes produit le même résultat que celle du soleil, eu égard à leur intensité relative. Cet effet de la lumière est, en effet, proportionné à l'intensité de celle-ci, et l'interposition d'un linge, d'une feuille de papier, est déjà sensible. Les jardiniers, les bouquetières, savent très-bien que l'on conserve les branches feuillées bien plus long-temps fraîches dans un lieu obscur que dans un lieu éclairé. Si l'on conserve trop long-temps des plantes vivantes à l'abri de la lumière solaire, comme elles cessent de transpirer et continuent à absorber, elles tendent peu à peu à un état d'hydropisie, qui détermine la désarticulation des feuilles d'avec la tige, et annonce un état de faiblesse dû à la trop grande abondance d'eau. Nous reviendrons ailleurs sur l'influence de l'obscurité pour les plantes ou les parties des plantes qui s'y développent. Je me borne à faire remarquer ici l'extrême influence de la lumière pour exciter la transpiration.

Enfin l'état de l'atmosphère paraît aussi influer sur le phénomène ; l'ensemble des faits tend à prouver que les plantes exhalent davantage dans un air sec que dans un air humide, et probablement dans un air rare plus que dans un air dense; mais je ne connais pas d'expériences un peu précises faites à ce sujet. Je ne sais pas surtout jusqu'à quel point on peut distinguer dans ces faits ce qui tient à la déperdition ou à l'exhalaison.

Indépendamment des causes extérieures, l'âge des parties du végétal destinées à l'exhalaison influe beaucoup sur l'intensité de cette fonction : ainsi, à température et clarté égales, les feuilles exhalent plus au printemps qu'en été, et en été qu'en automne. Guettard a vu qu'en hiver l'exhalaison des arbres toujours verts est extrêmement faible : ainsi, selon lui (1), un laurier exhale en deux jours d'été autant qu'en deux mois d'hiver.

Senebier a fait un grand nombre d'expériences pour déterminer le rapport qui existe entre la quantité de l'eau pompée et celle de l'eau exhalée dans un temps donné. Pour y parvenir, il faisait tremper une branche dans de l'eau dont le poids lui était connu; il introduisait l'extrémité de la branche dans un vaste bocal, pesait l'eau qui se trouvait dans le bocal au bout de quelques heures, et comparait sa quantité avec celle qui manquait dans le vase d'où la branche absorbait sa nourriture. Ces expériences laissent toujours quelque chose à désirer à cause de l'eau qui reste en suspension dans le ballon, ou déposée sur les feuilles; elles offrent aussi des variations eu égard aux surfaces de la branche et des feuilles, à l'intensité de la

(1) Mém. de l'Acad. des sc. de Paris pour 1749.

lumière, etc. La moyenne d'un grand nombre d'essais tend à prouver que l'eau pompée est à l'eau exhalée comme 3 est à 2, ou, en d'autres termes, qu'un tiers de l'eau absorbée reste dans le végétal, et que les deux autres tiers s'exhalent dans l'air.

Le même physiologiste a aussi cherché à comparer la nature de l'eau exhalée avec celle de l'eau pompée par les plantes. Il a fait tremper des branches dans de l'infusion de cochenille : la trace de l'injection a pénétré jusqu'au haut de la plante; mais l'eau exhalée était parfaitement transparente. Ayant fait tremper des branches dans de l'eau mélangée d'un peu d'acide sulfurique ou muriatique, l'eau exhalée a été tantôt parfaitement pure; tantôt il a pénétré quelques traces de ces acides, ce qui pourrait bien tenir à la désorganisation qu'ils ont déterminée sur leur passage. Hales et Duhamel ont remarqué que les liquides exhalés par la vigne, le pommier, le pêcher, la rhubarbe, le panais, et même par la rue et le chou, n'offrent aucune différence au goût, et ne diffèrent de l'eau commune que par une légère odeur, qui pourrait même leur avoir été communiquée par leur séjour dans un bocal avec la plante. Duhamel observe cependant que ces eaux exhalées se corrompent plus tôt que l'eau commune, et Senebier s'est assuré par l'analyse qu'en effet l'eau exhalée par les végétaux n'est pas parfaitement pure. Ayant placé diverses plantes dans un ballon, et recueilli l'eau qu'elles avaient exhalée, il y a trouvé une partie étrangère à l'eau : sur 11,520 parties, l'eau exhalée par la vigne a présenté 1/25000 de matière étrangère. Celle-ci, analysée, a paru contenir un peu de matière gommeuse et de matière résineuse, et le résidu,

qui n'était soluble ni à l'eau ni à l'alcool, a été jugé un mélange de chaux et de sulfate de chaux. Ainsi non-seulement un tiers environ de l'eau absorbée par la plante reste dans son tissu; mais la presque totalité des matières dissoutes dans l'eau absorbée ne sort pas avec l'eau exhalée, et demeure dans le végétal.

Nous voyons ici d'une manière assez claire l'une des sources de la nutrition. L'eau absorbée par les racines arrive chargée de matières dissoutes; elle les dépose dans le végétal, et une partie de l'eau elle-même s'y dépose avec ces matières; le reste s'échappe sous la forme d'eau presque à l'état de la pureté de l'eau distillée.

Hedwig a comparé cette sortie de l'eau à la sortie des excrémens des animaux, et c'est dans ce sens qu'il a dit que les plantes ont des excrémens liquides. Hales a comparé ce phénomène à la transpiration insensible des animaux, avec laquelle l'exhalaison a, en effet, des rapports prononcés, surtout quant à la nature de la matière exhalée et au mode d'exhalaison. Les opinions de Hedwig et de Hales me paraissent avoir l'une et l'autre de la vérité; et si je voulais suivre la comparaison des deux règnes, je dirais volontiers que l'exhalaison des végétaux représente à la fois la sortie des excrémens et celle de la transpiration insensible des animaux. C'est par ce motif que je la désigne par un nom spécial.

Le rapport avec cette dernière fonction est encore sensible sous un autre point de vue, savoir, qu'il arrive quelquefois que la transpiration végétale, lorsqu'elle est très-abondante dans un lieu donné, devient sensible comme la sueur sous la forme de gouttelettes. C'est ainsi qu'on observe fréquemment des gouttes d'eau qui se for-

8.

ment au sommet des feuilles du blé et de plusieurs graminées aux premiers rayons du soleil levant. Ces gouttelettes se voient aussi sur les dentelures de certaines plantes ; elles sont rangées avec régularité sur la feuille de la capucine. On avait cru jadis que ces gouttelettes d'eau , très-visibles aux premiers rayons du soleil levant, étaient déposées par la rosée ; mais Mussenbroeck a le premier démontré qu'on les trouve aussi sur les plantes abritées, et qu'elles doivent être rapportées à l'action du végétal vivant. Faut-il rapporter ces faits à l'exhalaison ? Faut il considérer cette eau comme une vraie excrétion , ou bien comme l'eau qui sort de l'extrémité des feuilles de certains arums ou de la sommité des spathes des palmiers ? Doivent-ils être rapprochés de la sortie des pleurs de la vigne ? De nouvelles observations seraient utiles à instituer sur ce sujet.

CHAPITRE V.

De l'Action de l'Atmosphère sur la Nutrition.

Nous abordons ici le sujet le plus compliqué et peut-être le plus important de la physiologie végétale : la respiration animale, qui n'est que l'action de l'air sur le sang, peut nous prouver combien les rapports des sucs nourriciers avec l'atmosphère méritent d'être étudiés. Nous nous livrerons à cet examen, quant au règne végétal, en observant l'action de l'air d'abord sur les parties vertes, puis sur celles qui ne sont pas de couleur verte, et en suivant ces faits avec ou sans l'intermédiaire de la lumière. Après les avoir ainsi exposés en détail et sans idées théoriques, nous les reprendrons dans leur ensemble pour en déduire quelques idées, soit sur la fonction de la respiration végétale, soit sur son influence, relativement à l'atmosphère.

§. I. Rapports des parties vertes avec l'acide carbonique.

Ch. Bonnet, occupé de recherches sur l'usage des feuilles, plaça des feuilles vertes sous de l'eau de source au soleil; il vit des bulles d'air s'en élever. Frappé de ce phénomène, il se demanda si cet air provenait de la feuille ou de l'eau. Pour le reconnaître, il plaça les mêmes feuilles, dans les mêmes circonstances, sous de

l'eau privée d'air par l'ébullition; les bulles ne s'élevèrent point; il en conclut que ces bulles étaient fournies par l'eau, et que le phénomène était de simple physique, et non relatif aux fonctions physiologiques des feuilles. Ainsi, une marche, très-logique en apparence, le conduisit à négliger l'un des faits les plus importans de la végétation.

Trente ans plus tard, Priestley fut conduit à voir de même des bulles d'air s'élever des feuilles vertes placées dans l'eau au soleil; mais, occupé de ses importantes recherches sur la nature des gaz, il recueillit l'air qui s'était élevé dans le fond du bocal plein d'eau et renversé sur une soucoupe, le soumit à l'analyse, et reconnut que c'était ou du gaz oxigène presque pur, ou tout au moins un gaz qui en contient une quantité beaucoup plus considérable que l'air atmosphérique ou que l'air dissous dans l'eau. Cette observation remarquable rappela toute l'attention des physiologistes sur ce phénomène. Ingenhousz, Spallanzani, et surtout Senebier et M. Théod. de Saussure, étudièrent tous les détails du fait avec soin, et prouvèrent qu'il était lié aux lois les plus importantes de la vie végétale.

Les conditions dont la réunion est nécessaire pour que le phénomène ait lieu, sont la couleur verte de la plante, l'action des rayons directs du soleil, et la présence de l'acide carbonique dans l'eau. Reprenons ces trois élémens de la question.

En disant que la couleur verte de la plante est nécessaire pour le dégagement du gaz oxigène, je ne veux pas dire qu'elle en soit la cause, car elle en est au contraire l'effet; mais j'indique par ce terme un moyen

prompt et simple de reconnaître les parties des végétaux qui dégagent du gaz oxigène sous l'eau au soleil. L'expérience a prouvé en effet que toutes les parties des végétaux qui ne sont pas vertes ou susceptibles de verdir sous l'eau, ne donnent point lieu au dégagement du gaz oxigène : ainsi les racines, les troncs âgés, les pétales, les étamines, les feuilles et les fruits colorés, les champignons et ceux des lichens qui ne verdissent jamais, sont dans ce cas. Il n'y a d'exception à cette règle que pour quelques feuilles colorées, telles que la variété rouge de l'arroche cultivée, ou quelques algues marines de couleur rouge, desquels on a vu s'élever de l'air qui contenait une quantité notable de gaz oxigène. M. Th. de Saussure en a trouvé (1) 85/100e dans l'air dégagé par l'arroche rouge, et j'en ai rencontré une moindre quantité (2) dans celui dégagé par l'*ulva purpurea*. Cette circonstance, qu'en général les parties vertes sont les seules qui donnent du gaz oxigène, prouve bien que cet air ne provient pas au moins en totalité de celui qui peut rester adhérent à la feuille; et Senebier a vu en effet que des feuilles épuisées d'air par la pompe pneumatique, en dégagent comme à l'ordinaire quand on les met sous l'eau au soleil; il a vu encore que ce phénomène ne tient pas à la surface de la feuille, mais qu'il a lieu également lorsqu'on enlève la cuticule, et s'exécute dans le parenchyme des parties vertes. Cette action paraît indépendante de celle des stomates; car elle a lieu, autant que nous

(1) Recherc., p. 56.

(2) 100 parties de l'air exhalé par cette plante, mêlées avec 100 parties de gaz nitreux, se sont réduites à 58.

pouvons en juger, de la même manière dans les feuilles comme dans les péricarpes qui en sont pourvus, et dans les fruits charnus ou les végétaux cellulaires de couleur verte qui n'en ont point. L'action paraît s'exécuter en raison des surfaces des feuilles, et presque point en raison de leur volume (1). Ajoutons encore ici que ce phénomène est évidemment lié à la vie des plantes, car les feuilles encore vertes, mais mortes, ne dégagent rien jusqu'à ce que, par un commencement de décomposition, elles exhalent un mélange d'hydrogène, d'acide carbonique et d'air atmosphérique.

L'action directe des rayons du soleil est nécessaire pour la production du phénomène dans les circonstances citées; le jour le plus pur, l'action des lampes équivalant à peu près au jour, ne suffisent point pour le déterminer. Dans ces cas, et à plus forte raison pendant la nuit, il ne se dégage aucun gaz lorsqu'on met des feuilles vertes sous l'eau, ou s'il s'en dégage quelques bulles, elles sont de la nature de l'air ordinaire et paraissent dues à l'air adhérant à la feuille. Enfin, toutes les eaux ne sont pas également propres au dégagement de l'air. L'eau bouillie et l'eau distillée, qui ne renferment point d'air en solution, n'en laissent point dégager par les feuilles. L'eau dans laquelle on a fait dissoudre du gaz azote, du gaz hydrogène, et même du gaz oxigène, présente le même résultat. L'air qui s'élève dans le bocal n'est donc pas simplement dégagé de l'eau, ou extrait de l'eau elle-même par l'action de la feuille et de la lumière; mais si au contraire l'eau contient une quantité quelconque de

(1) De Saussure, Recherches, p. 57.

gaz acide carbonique en dissolution, la feuille verte, aidée de l'action de la lumière solaire, en dégage du gaz oxigène. Senebier a même remarqué que la quantite de gaz oxigène est plus grande dans les eaux qui contiennent artificiellement une quantité de gaz acide carbonique plus grande qu'à l'ordinaire. Ainsi, pour ne citer qu'un seul exemple entre plusieurs centaines d'expériences publiées, une branche de framboisier qui ne fournissait point de gaz dans l'eau distillée, a donné dans l'eau commune un volume d'air égal à celui de 108 grains d'eau, et dans l'eau chargée artificiellement d'acide carbonique, elle en a fourni un volume égal à 1664 grains d'eau. Il a conclu de ces faits que le gaz acide carbonique dissous dans l'eau est, sous les rayons directs du soleil, décomposé par les parties vertes des végétaux, et que, selon toute probabilité, la feuille s'empare du carbone, tandis que le gaz oxigene, devenant libre, s'élève dans le bocal. Cette théorie a été dès-lors confirmée par les expériences de MM. Woodhouse (1), Théod. de Saussure, Palmer, etc.

J'ai répété l'expérience de Senebier sous une forme où ce résultat est plus visible à l'œil. J'ai placé sur une même cuvette deux bocaux renversés, l'un A, ainsi que la cuvette pleine d'eau distillée dans laquelle nageait une plante de menthe aquatique; l'autre B, rempli de gaz acide carbonique. L'eau de la cuvette était surmontée par une épaisse couche d'huile, afin d'éviter pour un temps donné l'action de l'air atmosphérique. L'appareil était exposé

---

(1) *Journ. of Nicholson*, 1802, p. 150. Ce savant, habitant de la Pensylvanie, semble n'avoir pas eu connaissance des travaux antérieurs de Senebier, mais il les a tout-à-fait confirmés.

au soleil; on voyait chaque jour dans le bocal B le gaz acide carbonique diminuer, ce qu'on reconnaissait par l'élévation de l'eau; et au sommet du bocal A, il s'élevait en même temps une quantité de gaz oxigène sensiblement égale à la quantité de gaz acide carbonique absorbé. Pendant douze jours que l'expérience a duré, la menthe vivait en bonne santé, tandis qu'une plante semblable placée sous un seul bocal d'eau distillée, n'avait pas dégagé de gaz oxigène et annonçait des signes évidens de décomposition. Ainsi, dans cette expérience, on voyait pour ainsi dire le gaz acide carbonique distillé et décomposé par la plante qui s'en nourrissait. La même expérience ayant été répétée en mettant du gaz oxigène à la place du gaz acide carbonique, il ne s'est dégagé aucun gaz dans le bocal où était la menthe aquatique. Tous les détails des expériences de Senebier conduisent avec surabondance aux mêmes résultats. Ainsi, il a vu que si on renouvelle les feuilles vivantes dans la même eau, elles cessent de donner du gaz oxigène, parce que l'eau est épuisée d'acide carbonique; il a vu que, si l'on place des plantes au soleil dans une eau chargée de carbonate de chaux, il ne se dégage point d'air; mais que si l'on y verse quelques gouttes d'acide nitrique ou sulfurique, l'acide carbonique qui quitte la chaux se dissout dans l'eau et est décomposé par la plante; il a vu encore que l'acide gallique, qui ne diffère de l'acide carbonique que par l'abondance du carbone, produit sur les plantes vertes un effet analogue à l'acide carbonique.

L'air, dégagé par les plantes vertes mises sous l'eau au soleil, contient toujours une quantité de gaz oxigène supérieure à celle de l'air atmosphérique, mais le plus sou-

vent mélangé d'une certaine quantité d'azote. Le tableau suivant fera connaître les proportions de gaz oxigène obtenues dans diverses expériences faites sous l'eau avec des feuilles; je les cite sans y attacher une grande importance, puisque cette quantité est variable dans les mêmes espèces, selon des circonstances que nous apprécierons tout à l'heure.

NOMS DES PLANTES.	NATURE de l'eau.	ORGANES.	ONT DONNÉ, sur 100 parties de gaz exhalé, oxigène :	D'APRÈS
Sempervivum hirtum.	De puits.	Rosettes entières	25	DC.
Pisum sativum......	De pluie.	Feuilles.	28	
Vitis vinifera.......	De source.	Feuilles.	30	Th. de Sauss.
Prunus domestica....	De pluie.	Feuilles.	32	Th. de Sauss.
Pinus sylvestris......		Feuilles et jeunes pousses.	33	Palmer.
Larix europæa......		Feuilles et jeunes pousses.	34	Palmer.
Lepidium sativum...		Feuilles.	34	
Crassula perfossa....	De puits.	Feuilles et jeunes pousses.	34	DC.
Pisum sativum......	De pluie.	Tiges.	38	Th. de Sauss.
Menispermum canadense............	De puits.	Feuilles.	40	DC.
Pyrus malus.........	De source.	Feuilles.	40	Th. de Sauss.
Tropæolum majus...	De puits.	Feuilles.	42	DC.
Vitis vinifera.......	De source.	Jeunes tiges.	46	Th. de Sauss.
Hyosciamus niger....		Feuilles.	47	Palmer.
Prunus domestica....	De source.	Feuilles.	48	Th. de Sauss.
Anthericum frutescens	De puits.	Feuilles.	50	DC.
Pisum sativum......	De source.	Feuilles.	53	Th. de Sauss.
Opuntia vulgaris.....	De puits.	Branches vertes.	56	DC.
Talinum racemosum..	De puits.	Branches et feuilles.	56	DC.
Sempervivum arboreum............	De puits.	Feuilles en rosette.	60	DC.
Sedum album.......	De puits.	Branches et feuilles.	60	DC.
Sedum anacampseros..	De puits.	Branches et feuilles.	61	DC.
Nitraria Schoberi....	De puits.	Feuilles.	67	DC.
Mesembryanthemum linguiforme.......	De puits	Feuilles.	70	DC.
Atriplex hortensis ruberrima..........	De source.	Feuilles.	85	Th. de Sauss.

Les causes de ces différences sont encore peu connues; elles peuvent tenir, 1° et principalement, à la nature de l'air dissous dans l'eau, lequel, comme on sait, est assez variable d'une eau à l'autre, soit dans ses proportions d'azote et d'oxigène, soit dans la quantité de gaz acide carbonique, soit dans la facilité avec laquelle il cède ces divers gaz. Il est, en effet, probable que ces gaz impurs sont sortis de l'eau, soit comme toutes les eaux en exhalent par l'action seule du soleil, soit parce que la plante facilite ce dégagement par un effet mécanique analogue à celui que Rumford a vu déterminé par le verre noir placé dans l'eau, et qui en dégage des bulles, certainement sans effet chimique. Cette opinion se confirme par ce fait, que l'air, dégagé par les plantes, est du gaz oxigène pur ou presque pur, quand on les a mises dans de l'eau distillée, où l'on a fait dissoudre du gaz acide carbonique. Outre cette cause, qui est la principale, il faut tenir compte de l'air qui peut rester adhérent à la surface de la plante, ou de celui qui pouvait être contenu dans ses diverses cavités aériennes, ses vaisseaux ou son tissu cellulaire, ou enfin de celui qui était mêlé avec l'eau qu'elle avait absorbée par ses racines. Quant au gaz hydrogène qu'on trouve quelquefois dans ces expériences, il paraît toujours tenir à un commencement de décomposition de la plante.

S'il y a des variations relatives à la quantité de l'air exhalé qui ne tiennent pas à la quantité d'acide carbonique décomposé, elles échappent à notre examen. On pourrait croire que les plantes qui combinent le plus de carbone doivent exhaler le plus d'oxigène; mais je ne puis vérifier ce soupçon avec quelque précision. Davy

paraît croire (1) que les plantes qui produisent des huiles volatiles exhalent plus d'oxigène que les autres ; mais je ne vois aucune preuve en fait en faveur de cette opinion.

Les expériences que nous venons de citer prouvent évidemment que les feuilles vertes, placées sous l'eau au soleil, décomposent le gaz acide carbonique de l'eau qui est en contact avec elles ; mais décomposent-elles aussi celui qui peut leur être transmis par les racines, dissous dans la sève ? Senebier a résolu cette question par l'expérience suivante : il a pris deux branches de pêcher, qu'il a placées sous des récipiens pleins de la même eau ; le bas de ces branches sortait des récipiens, et plongeait dans des bouteilles. L'une de ces bouteilles contenait de l'eau chargée d'acide carbonique, et l'autre était vide. La branche qui trempait par sa base dans de l'eau carbonisée, a dégagé une quantité de gaz oxigène égale à un volume d'eau pesant 4815 grains ; l'autre à un volume d'eau pesant seulement 2535 grains. Ainsi, la moitié environ du gaz exhalé par la première paraît avoir été fournie par l'acide carbonique de l'eau en contact avec les feuilles, et l'autre moitié par celui de l'eau absorbée par la base de la branche.

Cette expérience, importante sous divers rapports, tend en particulier à expliquer quelques faits qui semblent en opposition avec la théorie.

Spallanzani a vu que les plantes grasses fournissent fréquemment du gaz oxigène sous l'eau distillée, et même sous l'eau de chaux, dans laquelle on ne peut

(1) Chim. agr., trad. fr., p. 278.

soupçonner la présence de l'acide carbonique; d'où il concluait que ce n'était pas à la décomposition de cet acide qu'était dû le dégagement de l'oxigène. Mais Senebier et Spallanzani lui-même, ayant étudié le phénomène de concert, ont vu, 1° que, s'il est vrai que les plantes grasses donnent un peu de gaz oxigène sous l'eau distillée, elles en donnent beaucoup plus sous l'eau carbonisée. Ainsi, la proportion moyenne qui résulte d'un grand nombre d'expériences faites sur le *sedum anacampseros*, fut que la quantité de gaz oxigène fourni dans l'eau distillée et dans l'eau carbonisée, était comme 11 à 150. 2° Ayant pris deux feuilles de *sedum* épuisées d'air sous la pompe pneumatique, ils placèrent l'une sous l'eau distillée, l'autre sous l'eau carbonisée. La première ne donna point de gaz; la seconde en donna comme à l'ordinaire. De ces faits, et d'une multitude d'autres analogues qu'on peut lire dans les ouvrages de Senebier, on doit conclure que, si les plantes grasses dégagent au soleil un peu de gaz oxigène sous l'eau distillée, c'est que, conservant plus long-temps que les autres la sève mêlée d'air qu'elles ont absorbée par leurs racines, elles la décomposent lentement, et que l'action du soleil fait dégager le gaz oxigène de l'acide carbonique contenu dans le parenchyme.

Hassenfratz (1) attaque la théorie de Senebier sous un autre rapport. Il soutient que les plantes élevées sous l'eau carbonisée ne donnent pas à l'analyse plus de carbone que celles qui ont vécu pendant le même temps sous de l'eau ordinaire. Cette assertion était fondée sur

(1) Ann. de chim., trois Mém. dans les vol. XIII et XIV.

des expériences inexactes, comme M. Th. de Saussure l'a prouvé; et nous citerons tout à l'heure des expériences de ce chimiste, qui démontrent le contraire. On pouvait déjà le présumer, d'après l'ensemble des faits. En effet, 1° on ne voit dans l'état actuel de la science aucun autre moyen de comprendre le dépôt du carbone dans le végétal. 2° La matière verte des parties foliacées, qui est celle où s'opère le dégagement du gaz oxigène, est parmi les matières végétales une de celles qui, à poids égal, contient le plus de carbone. 3° Les plantes qui naissent privées de la lumière solaire, et qu'on nomme étiolées, ne dégagent point de gaz oxigène, et contiennent beaucoup moins de carbone que les autres. Il semble même que la quantité de cet élément n'y augmente pas pendant leur végétation, et que celui qui était contenu dans leur graine ou leur tubercule ne fait que se délayer dans leur tissu; fait que les expériences plus récentes de M. Gœppert paraissent aussi confirmer (1). Nous examinerons ailleurs l'influence de ce phénomène sur la coloration des végétaux, et nous nous bornons pour le moment à faire remarquer que l'on pouvait, sans être taxé de manquer de logique, affirmer avec Senebier que le carbone provenant de la décomposition de l'acide carbonique se fixe dans le végétal en même temps que l'oxigène s'échappe au-dehors sous forme de gaz.

Nous avons jusqu'à présent, pour voir les résultats avec plus de facilité, placé les végétaux dans une situation forcée, et pour la plupart contre nature. Il s'agit de voir si les mêmes résultats qui ont été obtenus sous

---

(1) *Nonnulla de plantarum nutritione.* Berolini, 1825. In-8°.

l'eau ont aussi lieu dans l'air. Les doutes à cet égard naissaient de deux considérations. 1° On n'observe pas une plus grande proportion d'oxigène dans l'atmosphère des lieux plantés de végétaux nombreux que dans celle des mers ou des déserts arides : on n'en trouve même pas davantage, dans une serre close, le soir que le matin (1). 2° Si on place une branche verte dans un bocal clos, on trouve le plus souvent la quantité du gaz oxigène libre diminuée plutôt qu'augmentée. A ces deux objections, on pourrait répondre, 1° que la mobilité de l'atmosphère mêle perpétuellement l'air des différens points, d'où résulte son équilibre habituel, même dans les lieux qui semblent clos; 2° qu'une branche mise dans un vase clos est dans un état forcé qui ne représente pas exactement l'état ordinaire des choses.

Quelques physiciens ont tenté de résoudre plus directement cette question. Ainsi, Senebier remplit deux récipiens renversés, l'un de gaz azote, l'autre de gaz hydrogène; il introduisit dans chacun d'eux un rameau vert, dont la base plongeait dans de l'eau carbonisée; il changea les rameaux chaque jour, afin d'éviter toute apparence de décomposition. Au bout de quarante-trois jours, il trouva, par le moyen du gaz nitreux, que les deux gaz des récipiens contenaient 28 à 30 centièmes de gaz oxigène, lequel provenait évidemment de la décomposition du gaz acide carbonique dans la plante; et quoiqu'on puisse aujourd'hui arguer de quelque inexactitude le mode d'analyse de l'air employé par Senebier, la conclusion reste vraie, parce que la quantité de l'oxigène

(1) Palmer, *de plantarum exhal.*, in-8°. Tubing., 1817.

trouvé dans le récipient est peu importante ; il suffit qu'on en ait trouvé une certaine dose; ce qui ne peut être contesté.

M. Palmer (1) a obtenu des résultats analogues par une autre voie. Ayant placé au soleil, dans un récipient d'air atmosphérique, des rameaux verts de plantes diverses, il a trouvé que, au bout de dix à douze heures, l'air du récipient contenait environ un centième de gaz oxigène de plus qu'à l'ordinaire. Il a vu aussi que des plantes vivantes, mises au soleil, décomposent pendant le jour l'acide carbonique qui s'est formé aux dépens de leur substance pendant la nuit. M. Gilby (2) a placé une touffe de graminée au soleil dans un vase qui contenait au commencement de l'expérience :

azote, 10,507 pouces cubes ;
oxigène, 2,793 ;
acide carbonique, 5,700 ;

et, au bout de quatre heures seulement, il assure y avoir trouvé (l'azote restant le même) l'oxigène accru à la dose de 7,79, et l'acide carbonique réduit à 0,38.

M. Théodore de Saussure a cherché à atteindre le même but, en plaçant les végétaux dans des circonstances plus rapprochées encore de leur état ordinaire (3). Il a fait végéter au soleil et à l'ombre des plantes dans des atmosphères qui contenaient de petites quantités déterminées d'acide carbonique; il a vu qu'au soleil les plantes prospéraient dans les atmosphères qui ne contenaient

(1) *De plantar. exhalat.*, p. 28 et 29.
(2) *Diss. de mutat. quas aeri infer.*, etc., in-8°. Edimb., 1815.
(3) Recherch. chim., p. 31.

pas plus d'un douzième de gaz acide carbonique (1); mais qu'à l'ombre la moindre dose de ce gaz ajoutée à l'air commun, a été nuisible à la végétation. Dans le premier cas, il était décomposé; dans le second, il ne l'était pas : dans le premier cas, la plante a cru de onze grains; dans le second, de trois seulement; et l'accroissement à l'air libre avait été de cinq grains dans le même temps.

Mais son expérience la plus instructive à ce sujet a été la suivante : Il a élevé des pervenches de graines, et s'est assuré, par une analyse préalable, de la quantité moyenne de carbone que contenaient ces jeunes pervenches, d'un poids et d'une grandeur connus. Il en a placé sept plongeant par leurs racines dans de l'eau distillée, et vivant sous un récipient d'air atmosphérique, mêlé de 7 1/2 centièmes de gaz acide carbonique. Il en a placé sept autres sous de l'air semblable, mais dépourvu d'acide carbonique. Il a exposé ces récipiens au soleil. Au bout de six jours, il a retiré les pervenches non altérées; l'atmosphère du récipient, qui contenait du gaz acide carbonique, n'en contenait plus, et renfermait 24 1/2 centièmes d'oxigène, au lieu de 21.

L'acide carbonique a donc été décomposé par les pervenches; mais la totalité de son oxigène n'a pas été ex-

(1) L'air atmosphérique contient, d'après les recherches plus récentes de M. Th. de Saussure, une quantité moyenne d'acide carbonique beaucoup moindre, 415 sur 10,000 parties; il s'en trouve un peu plus de nuit que de jour, sur les montagnes que dans les plaines, dans les villes qu'en rase campagne. (Mém. de la Soc. de phys. et d'hist. nat. de Genève, vol. 4; et Ann. de phys. et chim., vol. 44.)

halée. Les pervenches elles-mêmes analysées ont fourni 2,28 grains de carbone de plus qu'avant l'expérience. Celles qui avaient vécu sous une atmosphère dépouillée d'acide carbonique, avaient plutôt perdu un peu de carbone. Cette expérience, répétée avec la menthe aquatique, la salicaire, le pin sauvage, l'opuntia, a donné sensiblement les mêmes résultats, sauf quelques variations dans les quantités. Elle démontre que les parties vertes des plantes au soleil décomposent le gaz acide carbonique de l'air, s'emparent du carbone qui accroît leur partie solide, retiennent une petite partie de son oxigène, et dégagent le reste.

Ces résultats sont démontrés par une multitude d'expériences pour les parties vertes des plantes qui sont exposées aux rayons directs du soleil. Il est certain aussi qu'à l'obscurité totale, la décomposition de l'acide carbonique n'a pas lieu; mais il est presque certain qu'entre ces deux extrêmes, et en particulier à la lumière diffuse du jour, sans action directe du soleil, la décomposition doit avoir lieu, quoique trop lente et trop faible pour être appréciée dans nos expériences. En effet, 1° si, comme tout porte à le croire, la couleur verte est due à la décomposition du gaz carbonique, la teinte décidément verte, quoique plus pâle, des plantes qui vivent au jour pur sans soleil, prouve que cette action doit s'y exercer, quoique plus faiblement. J'ai vu de même des plantes étiolées, exposées à l'influence de six lampes, verdir sans dégager de gaz oxigène en quantité sensible (1). 2° Les plantes privées de tout moyen de

(1) Mém. des savans étrangers de l'Institut, vol. I.

décomposer le gaz acide carbonique de l'air, ont promptement péri dans les expériences de M. Th. de Saussure. Or, puisque les plantes vivent et souvent prospèrent à l'ombre, il faut bien qu'elles sachent y décomposer un peu d'acide carbonique. 3° M. Th. de Saussure a vu des plantes marécageuses, telles que la persicaire et la salicaire, dégager un peu d'oxigène dans une atmosphère d'azote, à une lumière faible et diffuse, tandis qu'elles ne dégagent rien à l'obscurité totale. Ces faits tendent à prouver que, dans la nature et le cours ordinaire de la végétation, la décomposition du gaz acide carbonique peut avoir lieu à faible dose sans l'action directe du soleil; mais il faut avouer que celle-ci la détermine presque toujours seule dans nos expériences, et, en tous cas, dans des proportions incomparablement plus actives.

Cet effet de la lumière solaire, Senebier a remarqué qu'il est déterminé plus fortement par le rayon violet ou le plus réfrangible que par les autres; mais cette expérience, qu'il n'a faite qu'au moyen de liquides colorés, aurait besoin d'être répétée par l'action directe des rayons solaires décomposés par le prisme. On sait bien que la chaleur ordinaire n'a aucune action sur le phénomène; il faudrait encore vérifier si les rayons calorifiques du spectre n'en ont aucune.

§. II. Rapports des parties vertes avec l'oxigène de l'air.

Lorsqu'on place des parties vertes de végétaux vivans dans le vide ou des gaz qui ne contiennent pas de gaz oxigène libre, elles y périssent en peu de temps. Cet effet a

lieu avec l'azote, l'hydrogène, l'oxide de carbone, et même avec le gaz acide carbonique. Mais M. Th. de Saussure a remarqué (1) qu'il arrive souvent aussi que ces plantes y dégagent du gaz oxigène provenant de la décomposition du gaz acide carbonique qu'elles renfermaient dans leur propre tissu. Quand elles sont assez robustes pour dégager ainsi une certaine quantité de gaz oxigène, elles se forment alors une atmosphère où elles peuvent vivre quelque temps; si on leur enlève l'oxigène à mesure qu'elles le forment, on arrête leur développement. Les parties vertes laissent moins de gaz oxigène dans le gaz hydrogène que dans le gaz azote; elles ne paraissent, contre l'assertion d'Ingenhousz, absorber ni l'un ni l'autre. Il paraît aussi certain, malgré l'assertion de Plenk, qu'elles n'exhalent point de gaz azote, sauf dans quelques cas, par les corolles.

Mais si l'on place des feuilles vertes pendant la nuit dans un récipient plein d'air atmosphérique, on remarque que la quantité d'azote n'y est pas sensiblement altérée, et que la quantité d'oxigène y a diminué dans une proportion notable. Cette quantité varie selon les plantes. M. Th. de Saussure, auquel on doit ces découvertes, a dressé le tableau des inspirations de gaz oxigène opérées en vingt-quatre heures à l'obscurité totale par diverses feuilles, en prenant toujours le volume de la feuille pour unité.

Il a remarqué, d'après un grand nombre d'expériences, que les plantes grasses et les plantes de marais sont celles qui absorbent le moins d'oxigène; que les ar-

(1) Recherç. chim., chap. IV.

bres consument, en général, plus que les herbes, et les arbres à feuilles caduques, plus que ceux à feuilles persistantes. Les extrêmes de ses expériences ont été, d'un côté, l'*alisma plantago* et le *mesembryanthemum deltoides*, qui n'ont absorbé que 70/100 de leur volume, et le *stapelia variegata*, qui n'en a absorbé que 63/100 (1); de l'autre, l'abricotier et le hêtre, qui ont absorbé huit fois leur volume; le pêcher et le peuplier blanc, qui ont absorbé plus de six fois leur volume de gaz oxigène.

On peut remarquer que la même feuille, à diverses époques de son existence, n'en inspire pas la même quantité. Ainsi, d'après les tableaux de M. de Saussure, les jeunes feuilles en inspirent plus que les feuilles âgées; la disproportion la plus grande est dans le pêcher, dont les feuilles, observées au mois de juin, ont absorbé 6,60 fois leur volume, et au mois de septembre, 4,40 seulement.

Ce gaz oxigène, inspiré par les parties vertes des plantes pendant la nuit, n'y reste point à l'état élastique; car ni la chaleur ni la pompe pneumatique ne le font dégager. Il ne s'incorpore pas dans la partie solide de la plante elle-même, puisque l'action de la lumière solaire l'en dégage facilement. Il paraît donc qu'à l'époque de l'inspiration il s'unit avec la partie carbonique des matières

(1) Certaines plantes grasses, les *stapelia* et l'*opuntia* en particulier, ne sont pas exactement comparables avec les autres plantes, en ce que ce sont des tiges et non des feuilles qui ont été mises en expérience. Il serait peut-être utile de répéter ces recherches en ayant égard non au volume de la feuille, mais à sa surface et au nombre de stomates qu'elle présente.

organiques dissoutes dans l'eau de la sève, qu'il y forme de l'acide carbonique pendant la nuit, lequel est de nouveau décomposé par la lumière solaire. La plante s'approprie alors le carbone et une petite quantité d'oxigène, tandis que le reste de ce gaz, mêlé avec le peu d'azote qui se trouve dans le tissu, est exhalé dans l'atmosphère pendant le jour.

§. III. Rapports des parties du végétal qui ne sont pas vertes avec l'atmosphère.

On peut réduire à une loi simple tout ce qui est relatif aux rapports de l'air atmosphérique avec les parties du végétal qui sont colorées, selon le langage des botanistes, c'est-à-dire, qui ne sont pas vertes. Tous ces organes ne s'assimilent point l'oxigène de l'air; mais, soit de jour, soit de nuit, cet oxigène s'empare d'une portion de leur carbone, et forme ainsi une certaine quantité d'acide carbonique, qui tantôt devient libre dans l'atmosphère, tantôt se dissout, soit dans l'eau ambiante, soit dans l'eau de végétation des plantes, et peut ainsi, dans les deux cas, être de nouveau décomposé par les parties vertes. Cette décarbonisation des parties colorées paraît nécessaire à la santé du végétal, et se présente sous des formes et à des degrés divers, selon l'organe où on l'examine et les circonstances auxquelles il est soumis. Nous les indiquerons rapidement, en prenant encore ici pour guide principal M. Th. de Saussure.

Les racines, malgré leur position souterraine, sont soumises à l'action de l'air atmosphérique, qui pénètre jusqu'à elles à travers le terreau. On sait depuis long-

temps que les arbres souffrent, lorsqu'on enterre la base de leur tronc de manière à empêcher l'accès de l'air atmosphérique vers les racines. C'est en partie pour ce motif que les arbres inondés souffrent et périssent, que les terrains légers conviennent mieux aux végétaux à longues racines; qu'à une certaine profondeur, les racines poussent plutôt latéralement que verticalement; que les racines latérales sont, en général, plus près de la surface de la terre (1); que les racines souffrent plus du contact d'une eau stagnante, quoique plus riche en matières nutritives, que de celui d'une eau courante, qui leur amène sans cesse un peu d'oxigène; qu'enfin les racines, qui vivent dans des conduits d'eau peu pourvus d'oxigène, semblent obligées à multiplier leur surface en poussant une foule de petites racines (queues de renard), afin de s'emparer d'une plus grande quantité d'oxigène (2). M. Van-Hill (3) assure qu'ayant des vases de *pelargonium zonale* dont les plantes étaient souffrantes par suite des exhalaisons de plusieurs brasseries, il leur rendit la santé en introduisant du gaz oxigène dans la terre des vases. Le même horticulteur assure que des ognons de jacinthe, qui réussissent mal dans l'eau, y réussissent, au contraire, bien, en renversant dans cette eau une fiole de gaz oxigène, qui s'y absorbe lentement, et parvient aux racines. Il affirme enfin avoir eu de meilleurs melons en donnant de l'oxigène à la terre; mais comme il ne décrit point son procédé opératoire, et qu'il semble n'avoir pas

(1) Duhamel, Phys. des arb., liv I, chap. V.
(2) De Saussure, Rech., p. 104-108.
(3) Trans. soc. hortic. de Lond., 1812, vol. I, p. 233.

fait d'essais comparatifs, ces expériences laissent beaucoup à désirer.

M. Th. de Saussure a confirmé ces données pratiques par des expériences plus précises. Il a mis des racines de jeunes marroniers en contact avec divers gaz, et a vu que les individus dont les racines plongeaient dans des gaz privés d'oxigène libre, mouraient au bout de peu de jours, tandis que celles qui plongeaient dans l'air atmosphérique avaient prospéré. Celles-ci diminuaient la quantité du gaz oxigène, et formaient avec lui et leur propre carbone une quantité correspondante d'acide carbonique. La quantité d'oxigène qui disparaît dans ces expériences, quand on agit sur des racines détachées de leur tige, est toujours inférieure au volume de la racine (1), parce que celle-ci ne fournit plus de sève à sa tige; mais lorsqu'on agit sur des racines tenant à leur tige, elles paraissent absorber plusieurs fois leur volume de gaz oxigène, parce que celui-ci forme de l'acide carbonique, qui est absorbé par les racines, et décomposé dans les parties foliacées, de manière que l'oxigène redevient libre dans l'atmosphère. Lorsque les racines se trouvent en contact avec les gaz azote, hydrogène ou acide carbonique, elles périssent plus ou moins rapidement, comme nous le raconterons en parlant des empoisonnemens des végétaux (liv. V, chap. 12). Il suffit pour notre but actuel d'établir la nécessité de la présence du gaz oxigène. Les rhizomes, les tubercules et les bulbes, et, en général, les parties souterraines et non

(1) De Saussure, Recherch., p. 110.

colorées en vert des tiges, se conduisent dans ces expériences absolument comme les racines.

Les branches mises sous un récipient avant leur feuillaison, ne se développent point lorsqu'elles sont dans un gaz qui ne contient pas d'oxigène libre. Placées dans de l'air atmosphérique, elles forment avec l'oxigène et leur propre carbone un peu d'acide carbonique, et cette formation paraît leur être nécessaire; car, lorsqu'elle a lieu, elles se développent en santé. On doit éviter de confondre ce fait avec celui qui résulte de l'action de la partie verte de l'écorce, qui a lieu en même temps. Il faut ajouter qu'une partie du gaz acide carbonique ainsi formé se dissout dans l'eau ambiante, et qu'une autre est entraînée par la sève de la branche elle-même, lorsque l'expérience est faite sur un arbre en végétation et tenant au sol.

Les branches dépouillées de leur écorce présentent les mêmes résultats; le corps ligneux forme de même de l'acide carbonique aux dépens de son carbone et de l'oxigène de l'air. Cet effet est plus rapide au soleil qu'à l'ombre, et il en résulte une coloration du bois en jaune ou en brun. Cette coloration est due, selon Berthollet (1), à une précipitation de carbone et à une formation d'eau. Cette précipitation vient, selon M. Th. de Saussure (2), de ce que le bois, en perdant une petite quantité de son carbone par le gaz oxigène, qui le lui enlève, perd en même temps une plus grande quantité d'oxigène et d'hydrogène sous forme d'eau.

---

(1) Art de la Teinture, I, p. 48.

(2) Recherch., p. 125.

Les fleurs (1) ne se développent pas plus que les bourgeons sous des récipiens dont l'air est privé d'oxigène; mais, sous l'air atmosphérique, elles suivent le cours ordinaire de leur végétation. Dans ces expériences, elles font disparaître l'oxigène de l'air, qui se change en acide carbonique au moyen de leur propre carbone; elles retiennent dans leur tissu une petite partie de cet acide carbonique, et le remplacent par une exhalaison de gaz azote. Cette exhalaison a varié dans diverses fleurs entre 1/500 et 45/500 de leur volume. La consommation du gaz oxigène par les fleurs est un peu plus prompte au soleil qu'à l'ombre.

Les fruits verts se conduisent avec l'air de l'atmosphère comme les feuilles (2); les fruits mûrs et colorés forment de l'acide carbonique avec leur propre carbone et l'oxigène de l'air.

Enfin les graines, qui, à leur état de torpeur, peuvent rester exposées à l'air sans altération, présentent, au contraire, des phénomènes analogues aux précédens, dès que la germination y est déterminée : elles forment alors une grande quantité d'acide carbonique aux dépens de leur carbone et de l'oxigène, et cette décarbonisation est nécessaire à leur développement. Nous reviendrons sur ce sujet en parlant de la germination; je n'ai voulu que montrer ici l'universalité de la loi sur les organes des végétaux qui ne sont pas de couleur verte.

C'est probablement pour ne pas avoir soigneusement distingué l'action des parties vertes et colorées des végé-

---

(1) Recherc., p. 125, 129.

(2) Voy. liv. III, chap. 4, De la maturation.

taux, que M. Palmer (1) a été entraîné à soutenir que les feuilles des plantes exhalent de l'air pendant la nuit : il avoue que la quantité d'air renfermé sous le récipient avec elles n'est pas augmentée, mais que sa nature est changée. Or, le changement qui résulte de ses propres expériences est, en moyenne, une formation d'environ 2 centièmes d'acide carbonique, et une disparition de 2 1/2 à 3 centièmes d'oxigène; mais comme il employait des plantes entières, on peut expliquer ces faits en disant que l'acide carbonique s'est formé par l'union de l'oxigène de l'air avec le carbone des parties ou colorées ou souffrantes, et que la petite diminution d'oxigène absorbé est due à l'absorption des parties vertes.

L'action de l'oxigène de l'air sur le charbon des parties végétales qui ne sont pas vertes ne peut pas être considérée comme un véritable effet vital; c'est une propriété chimique inhérente à ces corps. En effet, cette action continue à s'exercer après la mort sur les bois et les écorces; et Rumford a prouvé, par des expériences directes, que le charbon, qu'on a considéré long-temps comme l'un des corps les plus fixes que l'on connût, peut s'unir à l'oxigène, et former avec lui du gaz acide carbonique à une température beaucoup au-dessous de celle où cette substance brûle visiblement. Cette combinaison lente de l'oxigène avec le charbon explique pourquoi les lieux des forêts où l'on a fabriqué du charbon commencent par être stériles, puis deviennent fertiles à mesure que le charbon se combine avec l'oxigène de l'air, et forme de l'acide carbonique, qui se dissout dans l'eau

(1) *De plant. exhal.*, p. 17, 18, 33.

ambiante; elle explique cette action lente de l'oxigène sur toutes les parties des végétaux vivans ou morts; elle fait enfin comprendre comment la décomposition de toutes les parties mortes des végétaux à l'air libre est accélérée par cette soustraction de carbone.

§ IV. Conséquences théoriques des faits relatés dans les articles précédens.

Nous venons de voir que la végétation présente une série de compositions et de décompositions d'acide carbonique, dont il est difficile de se rendre un compte exact. Voici la manière dont il me semble le plus naturel d'en concevoir l'effet.

1°. L'eau qui pénètre dans les végétaux par les racines est chargée d'acide carbonique, lequel est transporté par la sève dans les parties vertes, et y est décomposé par l'action de la lumière solaire; le carbone s'y fixe et l'oxigène s'échappe sous forme de gaz.

2°. L'acide carbonique, que les parties colorées des végétaux ont formé avec l'oxigène de l'air, est en partie dispersé dans l'atmosphère, en partie dissous dans l'eau de végétation et entraîné avec elle, comme celui absorbé par les racines, vers les parties foliacées, où il est décomposé.

3°. L'eau absorbée par les racines contient une certaine quantité de matière soluble végétale ou animale, laquelle contient du carbone : ce carbone est apporté par la sève dans les parties vertes; il se combine pendant la nuit avec l'oxigène absorbé par elles, et le lendemain cet acide carbonique, formé dans les feuilles, est décom-

posé par la lumière solaire, comme si le carbone ne pouvait se déposer utilement dans le suc nourricier que lorsqu'il provient de la décomposition du gaz acide carbonique.

4°. Les parties vertes des végétaux qui sont en contact avec un milieu (air ou eau) chargé d'une petite quantité d'acide carbonique, s'en emparent, le décomposent et rejettent l'oxigène; si la quantité en est trop grande (plus d'un douzième), il agit sur la feuille comme une sorte de poison et l'altère ou la tue.

Ainsi toute cette vaste fonction, qu'on peut considérer comme la respiration végétale, a pour résultat général de fixer le carbone dans la plante, tandis que la respiration animale a pour résultat général d'en diminuer la quantité. Cette fonction est donc précisément l'inverse dans un règne de ce qu'elle est dans l'autre.

M. Ad. Brongniart, dans un mémoire (1) très-précieux sous le rapport anatomique, et très-piquant sous le rapport physiologique, cherche à établir de nouvelles relations entre la respiration animale et végétale; il a observé que les parties vertes et submergées des végétaux aquatiques, même de la classe des phanérogames, ne sont point revêtues d'une véritable cuticule, et ont par conséquent leurs cellules exposées directement à l'action de l'air dissous dans l'eau, tandis que les feuilles aériennes, qui ont une cuticule munie de stomates, offrent des cavités intérieures pleines d'air, qui communiquent avec ces stomates. De là il conclut que les premières respirent, pour ainsi dire, à la manière des

(1) Sur les fonctions des feuilles, Ann. des Sc. nat., déc. 1830.

branchies, c'est-à-dire, par le contact de l'air dissous dans l'eau avec la membrane des cellules, et les secondes à la manière des poumons, c'est-à-dire que l'air de l'atmosphère pénètre dans les cavités internes par ces orifices, et se trouve ainsi en contact avec la membrane des cellules. Il ne dit point s'il entend appliquer cette théorie, ou à l'acte par lequel les parties décomposent le gaz acide carbonique et dégagent l'oxigène, ou à celui par lequel elles absorbent l'oxigène, ou à l'un et l'autre de ces actes.

Quant au premier, je doute que les stomates y jouent un rôle nécessaire. En effet, 1° le gaz oxigène s'échappe des feuilles mises sous l'eau au soleil, aussi bien par celle de leurs surfaces qui n'ont point de stomates, que par celles qui en ont. 2° Les fruits verts et charnus, qui n'ont point de stomates, dégagent du gaz oxigène comme ceux qui en ont.

Quant au second, nous manquons de faits pour asseoir une opinion vraisemblable. 1° Les quantités d'oxigène absorbées par les feuilles pendant la nuit ne sont pas à beaucoup près, dans les expériences de M. de Saussure, en rapport avec le nombre comparatif de leurs stomates; et lors même qu'elles le seraient, on ne pourrait en tirer de grandes conséquences, puisque le nombre des stomates se rapporte à l'étendue de la surface, et la quantité d'oxigène absorbé à la masse de la feuille. 2° Il faudrait savoir si les surfaces vertes dépourvues de stomates, telles que les fruits charnus, ou certaines surfaces de feuilles, n'absorbent point d'oxigène pendant la nuit.

Dans cet état de choses, il ne me paraît rester avec certitude, des rapprochemens de M. Ad. Brongniart, que

la faculté qu'ont les cellules végétales, comme celles du poumon et des branchies des animaux, d'être en rapport avec l'air au travers de leurs membranes. Le reste de cette théorie ingénieuse a besoin d'un nouvel examen, et je ne puis mieux le recommander qu'à celui même qui l'a conçue.

L'influence eudiométrique de la respiration végétale sur l'atmosphère peut être, d'après les données précédentes, appréciée avec quelque exactitude.

Les végétaux vivans vicient l'air, 1° parce que toutes celles de leurs parties qui ne sont pas vertes forment de l'acide carbonique avec leur propre carbone et l'oxigène de l'atmosphère; 2° parce que leurs parties vertes absorbent pendant la nuit une certaine quantité de gaz oxigène. Je néglige ici à dessein la petite quantité d'azote exhalé par les fleurs, parce qu'elle est un phénomène temporaire d'une très-faible action.

D'un autre côté, les végétaux purifient l'atmosphère parce qu'ils exhalent pendant le jour une quantité notable de gaz oxigène, et qu'à l'époque où la végétation est plus active, les jours sont beaucoup plus longs que les nuits.

Lequel de ces deux effets l'emporte sur l'autre? C'est évidemment le dernier, car la totalité de la végétation a pour résultat d'accroître la quantité de carbone fixé dans un végétal. Or, aucune molécule de carbone ne s'y fixe, sans qu'une quantité correspondante de gaz oxigène ne soit libérée dans l'air.

L'expérience confirme cette opinion. Ainsi, M. Th. de Saussure a introduit dans un ballon fermé, plein d'air atmosphérique, une branche chargée de feuilles, qui tenait au tronc, dont les racines plongeaient dans le terreau.

Il a vu qu'au bout de deux ou trois semaines l'air du ballon contenait une quantité de gaz oxigène libre plus grande qu'avant l'expérience. Pour réussir dans celle-ci, il faut avoir soin que la branche n'occupe qu'une petite partie de la capacité du ballon, qu'elle tienne au tronc et aux racines qui doivent lui fournir l'acide carbonique, et qu'elle ne soit pas altérée par l'humidité stagnante dans le ballon par suite de sa propre évaporation.

Ainsi l'expérience aussi bien que la théorie tendent à prouver que les végétaux vivans augmentent chaque jour la quantité de gaz oxigène libre de l'atmosphère. Cet effet est la compensation de l'oxigène absorbé par la combustion, la respiration animale, et l'absorption qu'en font les végétaux morts ou mourans. Les vents mêlent sans cesse toutes les parties de l'atmosphère de manière à en faire un tout homogène, quoique l'une des causes puisse, dans certains lieux, l'emporter sur l'autre. C'est par ce mécanisme que se maintient fixe la quantité de l'oxigène atmosphérique; et ainsi des humbles fonctions de la vie végétale, nous pouvons nous élever jusqu'à ces grandes idées de l'ordre universel du monde.

CHAPITRE VI.

Des Sucs descendans en général.

Les sucs aqueux pompés par les racines se sont élevés aux parties foliacées; là ils ont subi deux élaborations; une grande partie de l'eau s'est évaporée, et la décomposition de l'acide carbonique a fixé du carbone dans le résidu. De ces deux changemens, il résulte la formation d'un suc nouveau, dont l'existence est moins évidente que celle du suc ascendant, mais qu'on ne peut révoquer en doute.

Si l'on fait à l'écorce d'un arbre exogène une entaille circulaire en forme d'anneau, il se forme au bout de peu de temps une tumeur au-dessus de l'entaille; cette tumeur grossit; si l'entaille est très-étroite, la tumeur, en s'accroissant de haut en bas, rencontre la lèvre inférieure de la plaie; la communication se rétablit, et l'arbre continue à vivre comme à l'ordinaire. Si l'anneau écorcé est large, la tumeur ne peut rétablir la communication, et alors elle continue à grossir, jusqu'à ce qu'enfin la branche (ou l'arbre, si on a opéré sur le tronc) finisse par périr après un temps variable, selon les espèces et les circonstances. Cette expérience capitale (connue sous le nom de *section annulaire* de l'écorce) a été fort étudiée par Duhamel, et plus récemment par MM. Du Petit-Thouars, Beauvois, Knigth, etc. Suivons-en les détails, pour en déduire ensuite les conséquences.

Si on opère cette section sur une branche dépourvue de feuilles, soit parce qu'elles ne sont pas encore nées, soit parce qu'on les a enlevées artificiellement, il ne se forme point ou presque point de bourrelet à la lèvre supérieure, à moins, peut-être, qu'il ne s'agisse de végétaux, dont l'écorce est verte et foliacée, comme, par exemple, l'éphédra ou le genêt d'Espagne. Dans ce cas, le bourrelet se forme, parce que le parenchyme cortical paraît jouer le rôle du parenchyme des feuilles. Lorsqu'on opère la section sur des branches inégalement feuillées, la grosseur du bourrelet de chacune d'elles est sensiblement en rapport avec le nombre des feuilles.

Si on a enlevé toutes les feuilles au-dessus de la section, et qu'il vienne à s'y développer un bourgeon dont les feuilles commencent à végéter, alors on voit aussi le bourrelet qui commence à se former.

Il est difficile de ne pas conclure de ces faits, vus par tous les observateurs, que quelque matière élaborée dans les feuilles descend en tout ou en partie le long de l'écorce, et que, dans les cas cités tout à l'heure, elle est arrêtée par la section annulaire.

Les mêmes résultats que donne la section annulaire de l'écorce se présentent lorsqu'on fait une simple ligature ou une compression annulaire. Quelques-uns, trop frappés de cette expérience isolée, ont cru pouvoir l'expliquer, en admettant que la lymphe monte par tout le corps ligneux ; que la compression, agissant aussi sur l'aubier, empêche son ascension par la circonférence, en permettant celle du centre, et que cette lymphe centrale, en se portant à la circonférence, détermine le bourrelet. Mais on reconnaît l'erreur de cette explication en ceci :

1° que la section annulaire, où l'on n'agit point sur l'aubier, produit le même résultat, même quand l'aubier est bien abrité contre la dessiccation; 2° que le bourrelet ne se forme que lorsqu'il y a des feuilles au-dessus de la partie comprimée, ce qui doit faire penser que le suc arrêté par le bourrelet vient des feuilles, et non directement de la lymphe ascendante.

Cette matière ne descend pas uniquement par son propre poids. En effet, lorsqu'on fait la section annulaire sur des arbres à branches pendantes, le bourrelet se développe à la même place, c'est-à-dire, du côté du sommet de la branche, quoique ce côté de la section soit, dans ce cas, inférieur et non supérieur. Le même résultat a lieu, d'après M. Pollini (1), dans les arbres ordinaires, lorsque leurs branches sont artificiellement recourbées vers la terre. La matière coule donc alors en sens contraire de la pesanteur, et les mêmes raisonnemens, admis pour la sève ascendante, doivent nous convaincre que la marche de cette matière est due à quelque contractilité vitale des organes. M. Pollini (2) cite à ce sujet un fait fort curieux, s'il est bien exact. Ayant recourbé une branche de platane au point d'enfoncer la sommité en terre, et ayant fait à cette branche la section annulaire dans la partie enterrée, il se forma un gros bourrelet du côté le plus voisin du sommet de la branche; au bout d'un an, ce bourrelet rétablit la communication avec l'autre bord, et un an après il sortit des racines du bourrelet. Alors M. Pollini coupa la branche du platane,

---

(1) *Saggio di osserv. e di sperienz.*, etc., 8°. *Verona*, 1815.

(2) *Ibid.*, p. 144.

et eut ainsi une bouture inverse, c'est-à-dire, ayant le bout originairement supérieur enraciné et enfoncé en terre; il fit une nouvelle section annulaire à cette bouture, et il assure que le bourrelet se forma au bord inférieur de la section, la branche, selon lui, ayant conservé l'habitude qu'elle avait prise dans sa position originelle. Ce fait tendrait aussi à prouver la contractilité vitale de l'écorce; mais j'avoue qu'il est si contraire aux probabilités, que l'expérience a besoin d'être répétée et analysée avec soin. Elle est en particulier en opposition avec l'observation de M. Knight (1) sur le bourrelet qui se forme au-dessus des jeunes branches dans un groseiller rouge planté en sens inverse.

L'écoulement de la matière qui découle des feuilles aux racines, paraît favorisé par des causes mécaniques: ainsi, M. Knight (2) a vu que les bourrelets deviennent plus gros dans les arbres agités par le vent; que la tige grossit davantage en un temps donné dans un arbre agité que dans un arbre retenu immobile, et que dans ceux auxquels on permet du mouvement dans un seul plan; dans ce dernier cas, la tige offre une coupe elliptique, ayant le grand axe situé dans le sens où le mouvement était possible. La différence des deux axes dans l'expérience citée était comme 13 à 11.

Que cette matière descendante serve à grossir le végétal, c'est ce dont on ne peut douter : 1° parce qu'elle suit évidemment dans sa route les parties voisines de celles où nous savons que l'accroissement s'exécute;

(1) Philos. trans., 1804, p. 183.
(2) *Ibid.*, 1803, p. 277.

2° parce que la partie située au-dessous de la section annulaire croît moins que celle qui est au-dessus. M. Aubert Du Petit-Thouars (1), en particulier, cite un poirier auquel il avait fait trois sections annulaires; la branche avait acquis 181 millim. de circonférence au-dessus de la section, et n'en avait que 108 au-dessous. M. Pollini cite plusieurs faits analogues. Un aïlante, qui avait subi au printemps la section annulaire, se trouva à l'automne avoir une circonférence de 17 centim. au-dessus et 13 au-dessous, et toutes les expériences de tous les auteurs sont unanimes sur ce point.

Non-seulement ces deux parties de l'arbre présentent une inégalité de grosseur, mais elles offrent aussi une inégalité de densité spécifique. Ainsi M. Knight (2), après avoir opéré la section annulaire sur un chêne, dont le bois avait en moyenne une pesanteur spécifique de 112, l'eau étant 100, a trouvé que celui situé au-dessus de la section pesait 114, et celui au-dessous 111. Il a vu de même qu'un sapin qui avait subi la même opération avait une pesanteur spécifique de 0,590 au-dessus de la section, et de 0,491 au-dessous. M. Du Petit-Thouars assure, dans sa réponse à M. Dutrochet (page 27), que le bois parfait est plus léger que l'aubier, et semble admettre (si je l'ai bien compris) que la partie au-dessus de la section annulaire est plus légère que celle qui est au-dessous. La cause de cette contradiction serait-elle qu'il a comparé de l'aubier plein de sucs aqueux avec du bois qui en est privé, tandis que tous les physiologistes ont comparé le bois et l'aubier,

(1) Sixième essai.

(2) *Philos. trans.*, 1806.

ramenés par la dessiccation à leur pesanteur véritable, indépendamment de l'eau qui peut s'y trouver contenue. M. Pollini (*Saggio*, page 137), qui a répété l'expérience de M. Knight, a obtenu les mêmes résultats que lui. Ainsi, le poids spécifique de divers arbres au-dessus et au-dessous de la section annulaire a été :

Platane au-dessus,	0,9472; au-dessous,	0,8724
Figuier,	0,9513;	0,8678
Marronier d'Inde,	0,6489;	0,5365
Faux-acacia,	0,8013;	0,7809

Si au contraire la communication se rétablit entre les deux bords de la plaie, le résultat semblerait l'inverse du précédent, si le fait cité par M. Pollini est bien exact : il dit avoir trouvé, dans ce cas, sur un poirier, la pesanteur spécifique de 0,6408 au-dessus, et de 0,8337 au-dessous de la section; j'avoue que je conserve des doutes sur cette dernière assertion.

Lorsqu'on enlève la totalité de l'écorce d'un tronc, il ne se forme plus de couches nouvelles; mais il paraît que la matière élaborée dans les feuilles descend par l'aubier en plus grande proportion qu'à l'ordinaire, car l'aubier s'endurcit au bout d'un an au point de prendre la dureté du bois. Cette expérience de Buffon est importante pour la théorie; elle l'a été pour la pratique moins qu'on ne l'avait espéré, parce que le bois, ainsi écorcé et exposé à l'air, se dessèche et devient, dit-on, cassant et de mauvaise qualité pour les constructions. Ces objections auraient encore besoin d'être soumises à l'examen; mais je dois me borner ici à la partie physiologique du fait.

Quelle idée doit-on se faire de cette matière formée dans les parties foliacées, et qui descend dans l'écorce et l'aubier des exogènes? Est-ce une matière alimentaire élaborée par les feuilles, comme l'ont cru jusqu'ici les naturalistes? Sont-ce des fibres qui descendent des bourgeons comme si c'étaient leurs racines, et qui reçoivent leur nourriture des tissus qu'elles traversent, ainsi que l'a jadis avancé de La Hire (1), et que l'ont plus récemment soutenu MM. Du Petit-Thouars (2) et Poiteau (3)? Cette discussion, dont j'ai exposé les principes dans l'*Organographie* (vol. I, page 205), se représente ici sous le point de vue physiologique.

M. Du Petit-Thouars (4) affirme que *les feuilles ne nourrissent pas du tout la plante.* Si par cette expression il veut dire que les feuilles, dans le cours ordinaire de la végétation, ne tirent pas de l'atmosphère la sève à l'état liquide, je suis de son avis, et n'admets point l'opinion de quelques jardiniers et de M. Féburier sur cette prétendue absorption habituelle d'eau par les feuilles; mais s'il veut dire que les feuilles ne sont pas les organes qui élaborent la sève pompée par les racines, et qui forment un suc descendant propre à nourrir et à développer le végétal, je ne saurais partager cette opinion, et je crois qu'il est seul à la soutenir. Aussi je ne saurais adopter la conséquence qu'il en tire, à la page 93 du même écrit, que l'effeuil-

---

(1) Mém. de l'Acad. des sc. de Paris pour 1708.

(2) Essai sur la végétation : Histoire d'un morceau de bois, etc.

(3) Mém. lu à l'Acad. des sc., 1831; et divers Mém. dans les Ann. de Fromont et de la Société d'Horticulture de Paris.

(4) Réponse à M. Dutrochet, p. 44.

laison des arbres serait un moyen de faire augmenter leur diamètre; je pense, au contraire, que c'est un moyen certain de diminuer leur accroissement; et tout au moins les cultivateurs des mûriers effeuillés par les vers à soie seront de mon avis.

Si les feuilles ne nourrissent pas *du tout* la plante, comment concevra-t-on et l'universalité de cet organe, et la foule des observations et des expériences qui constatent son importance, et l'amaigrissement des végétaux qu'on en prive, etc. ?

Comment, en particulier, expliquera-t-on le rôle immense des feuilles sur la formation du bourrelet supérieur de la section annulaire, si l'on croit que cette formation est due à l'action des bourgeons ?

Comment conciliera-t-on cette opinion avec ce fait, que l'accroissement du bourrelet n'est pas plus actif au temps du développement du bourgeon, mais est en rapport avec l'action des feuilles et avec celui-ci, attesté par M. Féburier (1), que l'accroissement du diamètre du tronc a lieu dans les arbres dépouillés artificiellement de leurs bourgeons, et n'a pas lieu dans ceux où on a laissé les bourgeons et enlevé les feuilles ?

Peut-on nier que l'aubier ne s'endurcisse par l'effet de la nourriture qui vient des parties supérieures; puisqu'entre autres preuves, quand on empêche celle-ci de passer par l'écorce, et de former de nouvelles couches ligneuses, l'aubier prend en une année la consistance du bois? Supposera-t-on que ces prétendues fibres descendantes se sont fait jour au travers de l'aubier pour le dur-

(1) Essai sur les Phénomènes de la végét., 1812, p. 69 et 86.

cir? et n'est-il pas plus simple de croire que c'est un suc liquide qui a pu s'imbiber ou s'extravaser dans l'aubier tout entier?

Tous les jardiniers savent, dit M. Knight (1), que, lorsque le haut d'une branche d'arbre fruitier n'a pas de feuilles, les fruits ne mûrissent pas ou mûrissent mal. Pour démontrer l'influence de la sève descendante sur les fruits, ce savant fit l'expérience suivante : un pêcher avait, par suite du mauvais temps, perdu toutes ses fleurs, sauf deux, qui se trouvaient sur des branches sans feuilles. M. Knight eut l'idée de greffer par approche et au-dessus des fleurs la branche qui portait celles-ci avec une branche qui avait beaucoup de feuilles, et les fruits mûrirent très-bien. On ne dira pas sans doute que ce fut par des fibres venues d'en haut que ces fruits furent nourris, mais bien plutôt par l'action des sucs descendans formés par les feuilles, ou celle des sucs ascendans pompés ou attirés par elles.

L'un des résultats de la section annulaire est de mettre la partie de la branche supérieure à cette section dans un état de force ou d'exubérance de nourriture; les fruits y nouent plus facilement; les tubercules y grossissent davantage; le corps ligneux y devient spécifiquement plus pesant. Tout cela est inintelligible, si le seul résultat de la section est d'arrêter la descente des fibres radicales des bourgeons. Mais quelle idée peut-on se faire de ces prétendues fibres descendantes elles-mêmes?

Ces fibres forment, dit-on, la couche extérieure du corps ligneux; mais il faut qu'il y en ait aussi qui for-

(1) *Trans. hortic. soc. Lond.*, 1817, vol. II, p. 35.

ment la couche intérieure de l'écorce. Chaque bourgeon devra donc fournir deux sortes de fibres, et non une seule; ces fibres auront de certaines structures, de certaines propriétés, tant qu'elles feront partie du tronc; à l'instant où elles franchiront le collet, elles prendront d'autres qualités. Cela se comprend quand on admet que la racine et la tige sont deux corps distincts; cela ne s'entend pas quand on veut que ce soit un seul et même corps.

On prétend que les racines adventives qui naissent de tous les points de la tige où il y a abondance de nourriture, ne sont autre chose que les fibres des bourgeons qui se font jour pour sortir, tandis que je soutiens avec la grande majorité des savans que ces racines sont seulement nourries par le suc descendant; mais comment ces fibres, qui étaient auparavant purement ligneuses ou purement corticales, deviennent-elles subitement un cylindre régulier de bois entouré d'écorce?

Si ces racines adventives sont des produits des bourgeons, comment en voit-on naître le long du pétiole d'une feuille de haricot, de chou (1), de *ficus elastica* détaché de sa tige, et placé dans un sol humide? Ici il n'y a point de bourgeon; mais la feuille élabore, et contient de la nourriture, qui, dans ces cas, comme dans tous les autres, fait développer les germes latens des racines.

M. Poiteau (2), qui a embrassé l'hypothèse de De La Hire et de Du Petit-Thouars, croit en trouver une nou-

---

(1) Bonnet, Rech. sur les feuilles, Mém. VI, p. 77, 78.

(2) Nouv. explicat. des directions, etc., dans les Annales de la Société d'horticulture de Paris.

velle preuve dans ce fait, que, lorsque les palmiers poussent des racines adventives par le bas de leur tige, les premières sont les plus extérieures, et les suivantes naissent plus à l'intérieur, c'est-à-dire, là où, selon lui, aboutissent les nouvelles fibres. J'observerai que je pourrais dire tout aussi justement que les racines naissent là où se dirige le suc nourricier; et je vois, en effet, que dans les endogènes, comme dans les exogènes, les racines adventives se développent là où se trouve abondance de nourriture, dans quelque position que ce soit. Ainsi, dans les rhizomes des iridées, des fougères ou de l'*allium senescens*, les nouvelles racines naissent en avant ou au-dessous des anciennes; et M. Poiteau ne niera pas, je pense, que ces rhizomes ne soient identiques avec les tiges.

MM. Bayle-Barelle et Moretti (1) ont vu que, si on coupe une tige de pomme de terre près de sa base, de manière que le haut de la tige ne communique avec le collet que par une lanière étroite, alors il se forme des tubercules le long de la partie aérienne de la tige, aux aisselles des feuilles. Dira-t-on que ces tubercules sont formés par des fibres descendantes, quoiqu'il y en ait peu ou point visibles dans leur tissu? et ne sera-t-on pas plus disposé à penser que le développement de ces tubercules provient de la surabondance de la matière nutritive qui découle des parties supérieures, et qui se trouve arrêtée dans sa route?

M. Du Petit-Thouars prétend que les fibres descendent des bourgeons jusqu'aux racines avec la vitesse de l'é-

---

(1) Moretti et Guicciardi, *de nonnullis physiologico-botanicis*, 1831, p. 17.

lectricité. Traduisons cette phrase en un langage non métaphorique : cela veut dire qu'elles passent tellement vite, qu'on ne peut voir leur passage; que, par conséquent, on ne peut savoir ni si elles descendent, ni si elles montent, ni si elles sont une production des corps ligneux et cortical dans toute leur longueur. M. Alex. Fischer (1) rend l'hypothèse un peu moins difficile à admettre, en supposant que ces fibres descendent à un état de ténuité tel, qu'elles échappent à la vue, et qu'elles grossissent plus tard par la nourriture fournie par les prolongemens médullaires. Mais une foule de faits tendent à prouver l'influence des feuilles sur cette nutrition, et rien jusqu'ici ne démontre celle des rayons médullaires isolément.

On raisonne toujours comme si le bois et l'écorce étaient uniquement composés de fibres; mais ils sont composés de couches, de couches dont toutes les parties sont continues, de couches composées elles-mêmes d'une zone cellulaire et d'une zone fibreuse. L'hypothèse ne rend raison d'aucun de ces faits; elle n'offre aucune analogie en sa faveur dans aucun règne; tandis qu'en admettant que les dernières couches ligneuses forment de nouvelles couches semblables à elles, nous rentrons dans des catégories de faits connus, et dont les multiplications de zones concentriques nous donnent fréquemment l'idée.

Toute la question se réduit donc à ceci : ou il descend du haut de l'arbre des rudimens de fibres qui seront nour-

(1) Bull. de la Soc. d'hist. nat. de Moscou, 1829.

ries et développées par des sucs venant latéralement des corps ligneux et cortical, ou il se forme des couches développées par les couches préexistantes, et qui seront nourries par les sucs descendans formés dans les feuilles. Lorsqu'on greffe un arbre à bois blanc sur un arbre à bois rouge, la zone nouvelle qui se forme conserve au-dessus de l'ente la couleur de la greffe, et au-dessous celle du sujet. MM. Du Petit-Thouars et Poiteau croient expliquer ce fait, en disant que la nourriture, arrivant latéralement, doit donner ces couleurs aux fibres ou cellules descendantes et homogènes d'un bout à l'autre d'un arbre composé de deux espèces. Cette réponse suppose que les cellules reçoivent leur nourriture toute faite, et ne sont que de simples réservoirs où elle se dépose; mais c'est là, comme nous le démontrerons plus tard, une erreur. Chaque cellule est un corps actif, qui reçoit un fluide nourricier homogène dans tout l'arbre, et qui élabore ce suc à sa façon, comme les glandes savent tirer des liquides divers d'un même suc. Si donc au-dessous de la greffe les cellules élaborent le suc nourricier en rouge, c'est que ces cellules sont d'une nature homogène avec le sujet, et par conséquent tirent de lui leur existence, tout comme celles qui au-dessus de la greffe l'élaborent en blanc, tirent leur origine de la greffe. Ainsi, les lois de la physiologie sont encore plus contraires à l'hypothèse de De La Hire que celles de l'organographie.

M. Du Petit-Thouars se fonde encore sur ce que, selon lui, il y a continuité absolue entre le bourgeon, les fibres ligneuses et les racines. Je vois, au contraire, les bourgeons naître à l'extrémité des rayons médullaires; je

vois, d'accord avec M. Knight (1), les racines adventives tenir au corps ligneux (2) par un filet qui en sort à angle droit; et quant à la continuité, elle se trouve dans tout le tissu végétal, tant est grande la facilité de la soudure de leurs organes intérieurs! Direz-vous que c'est le gui qui fournit le tronc du pommier, parce qu'il y a continuité entre leur tissu?

M. Pollini (3) a vu en particulier se former des zones ligneuses et corticales très-minces, il est vrai, et mal nourries, sous des lambeaux d'écorce qui ne tenaient à l'arbre que par le côté latéral. Les fibres de ces couches n'étaient donc pas une continuation de celles des parties supérieures.

J'avais cru (4) que la question pourrait être résolue par l'examen du bourrelet ligneux qui se forme au-dessus de l'incision annulaire, et que ce bourrelet n'offrirait qu'une masse homogène, s'il ne descendait que de la nourriture, et des couches distinctes, s'il descend des fibres. J'avais sollicité M. Du Petit-Thouars lui-même de faire l'expérience, ignorant qu'il l'avait déjà faite (5). Il m'a dès-lors communiqué la moitié d'un tronc de thuia, dont il a donné la figure. On y voit un bourrelet ligneux, dans lequel on observe quelques traces sinueuses, qu'on peut dire être des limites de couches, ce que, vu leur

(1) *Phil. trans.*, 1805, p. 257.

(2) DC. Mém. sur les lenticelles des arbres; Ann. des Sc. nat., vol. VII, pl. I, fig. 2.

(3) *Saggio*, p. 115.

(4) Organographie, vol. I, p. 206.

(5) Réponse aux objections, avec une planche sans numéro ni date.

irrégularité, on pourrait contester. Mais l'examen réfléchi de ce morceau même, et sa comparaison avec d'autres expériences, m'a prouvé que j'avais attaché trop d'importance à cette expérience, lorsqu'on la considère sans égard avec l'état de l'aubier mis à nu. En effet, si les couches nouvelles sont produites par les couches préalablement existantes, elles ont dû, pendant les dix ans que l'expérience a duré, se développer par l'effet de la nourriture descendante; mais elles ont été gênées dans leur croissance par l'arrestation de cette nourriture, due à l'état de demi-désorganisation, déterminé dans leur aubier par la dessiccation de la partie extérieure mise à nu. Au-dessous de la section annulaire, les nouvelles couches ont donc dû ou ne pas se développer, ou se développer très-mal, parce qu'elles ne recevaient d'en haut aucune nourriture, ni dans leur écorce qui était interrompue, ni dans la zone extérieure de leur aubier, située au-dessous d'une zone desséchée, et, comme M. Du Petit-Thouars l'a observé, altérée dans sa nature : c'est, en effet, ce qui est arrivé. Ce qui corrobore l'explication que j'ai donnée tout à l'heure du fait observé par M. Du Petit-Thouars, c'est que, si on fait la même observation sur des arbres qui croissent plus vite, et en ménageant mieux l'aubier mis à découvert, on a un résultat contraire. Ainsi, M. Pollini (1) a vu dans divers arbres, sous la section annulaire, se former en un été une nouvelle couche, qui ne diffère que par son épaisseur moindre de la couche formée au-dessus de la section. Ainsi, dans un aïlante, les couches au-dessus de la section étaient triples

(1) *Saggio*, p. 146.

en épaisseur de celles au-dessous; dans un marronier et un poirier, elles étaient sextuples; c'est que l'aubier non désorganisé avait permis au suc descendant de nourrir la nouvelle formation développée sous la section d'écorce.

Le même physiologiste (p. 98) fait encore une objection puissante contre l'hypothèse de M. Du Petit-Thouars. Dans les mûriers qu'on effeuille, on force les bourgeons axillaires à se développer, et par conséquent il y a dans l'année double développement de bourgeons. Donc il devrait y avoir double couche ligneuse formée, ce qui n'a point lieu, et même la couche unique qui se forme est plus mince qu'à l'ordinaire; elle est donc moins bien nourrie avec deux développemens de bourgeons, mais peu ou point de feuilles, qu'avec un seul développement de bourgeons et les feuilles ordinaires.

Dans les endogènes ou monocotylédones, la section annulaire du parenchyme extérieur, que quelques-uns veulent considérer comme une écorce, ne produit aucun des résultats que nous venons de mentionner; il n'y a point de bourrelet produit, et comme on sait d'ailleurs que les parties nouvelles de ces végétaux sont situées à l'intérieur et non à l'extérieur du tronc, il est vraisemblable que le suc nourricier descend par ces fibres nouvelles qui représentent l'aubier dans les exogènes.

Pour achever ce qui est relatif à la section annulaire ou circoncision des branches des exogènes, il faut donner quelque attention à ce qui se passe au bord inférieur de la plaie circulaire. Ce bord grossit aussi un peu, et il est surtout digne de remarque que les bourgeons latens, situés un peu au-dessous de la plaie, s'y développent, sur-

tout à la seconde année, avec assez de facilité, de telle sorte qu'on voit naître sous la section annulaire plus de petites branches qu'à l'ordinaire. Les deux effets paraissent évidemment produits par la sève ascendante, la seule qui puisse se diriger dans ce sens; mais cette sève ne passe pas en général par l'écorce, et voici comment je pense qu'on doit se rendre compte de ce phénomène, mentionné en particulier par MM. Knight, Féburier et Pollini, et sur lequel M. Micheli de Châteauvieux a aussi attiré l'attention de la Société de physique de Genève (1). L'enlèvement de l'anneau cortical met à nu une portion d'aubier qui, exposée ainsi à l'air d'une manière intempestive, se dessèche et s'altère à l'extérieur; ce qui, comme le montrent toutes les expériences, gêne le mouvement de la sève dans l'aubier, soit à la montée, soit à la descente. La sève qui monte dans le corps ligneux continue sa route dans le centre; mais celle qui devait passer au bord de l'aubier est arrêtée au-dessous de la section. Elle peut éprouver alors deux actions : d'un côté, le tissu cellulaire de l'écorce, s'il est vert, et surtout s'il est muni de stomates, attire à lui une portion de cette sève; de l'autre, les bourgeons situés dans cette partie de l'écorce, et qui ont leurs bases implantées sur l'aubier, recevant plus de nourriture, tendent à se développer; ce qui fait gonfler l'écorce autour d'eux et détermine la sortie des nouvelles branches. Cet effet est analogue à ce qui se passe, lorsqu'on coupe la sommité d'une branche; on force par-là les bourgeons voisins du

(1) Mém. inédit lu à la Soc. de phys. et d'hist. nat. de Genève.

sommet à se développer. Certainement ces bourgeons ne sont pas développés par la sève descendante, mais bien évidemment par la sève ascendante, la seule qui en général favorise l'alongement des parties caulinaires.

C'est au contraire la sève descendante qui favorise le développement des racines. Aussi, lorsqu'on place la section annulaire dans de la terre ou de la mousse humide, on voit des racines sortir du bourrelet supérieur seulement. Tous les observateurs sont unanimes pour affirmer cette formation des racines au bourrelet supérieur de la section annulaire. MM. Moretti et Dyon (1) sont arrivés à la même conclusion (le développement des racines par le suc descendant) par une autre expérience. Ils ont mis deux branches de saule dans l'eau : l'une, à laquelle on a laissé pousser des feuilles, a aussi poussé des racines; l'autre, à laquelle on enlevait les feuilles à mesure qu'elles poussaient, n'a point poussé de racines; celles-ci sont donc développées par le suc formé dans les feuilles. C'est là la théorie des marcottes et des boutures, sur laquelle nous reviendrons plus tard.

Ce double rôle des deux sèves a été fort bien vu par M. Féburier. Mais je dois faire remarquer ici que ce que j'appelle sève descendante est fort différent de ce qu'il entend sous ce nom; il croit que les feuilles pompent de l'eau dans l'air, comme les racines dans la terre, et il appelle sève descendante ce suc pompé par les feuilles; je pense au contraire que les feuilles ne tirent point d'eau

(1) *De nonnullis physiol.-botanicis. Ticini*, , 1832, p. 20.

de l'atmosphère, si ce n'est dans des cas rares, forcés, et où l'eau à l'état liquide est en contact avec une feuille flétrie. Vouloir conclure de ces cas contraires au cours ordinaire des choses, ce serait, comme je l'ai déjà dit, commettre en physiologie végétale la même erreur, que si l'on soutenait dans la physiologie animale que l'anus est un organe ordinaire de nourriture, parce qu'on a vu certains individus dont l'existence a été soutenue quelques jours au moyen de lavemens nourrissans. Je nomme donc *sève descendante* ou *suc descendant*, le suc qui est formé dans les organes foliacés au moyen d'une partie de l'eau qui y est arrivée des racines, chargée de principes que l'action de l'atmosphère a rendus nutritifs. Mustel lui donnait le nom de *sève aérienne*, pour désigner son origine; il a cherché à en démontrer l'existence, en adaptant un entonnoir plein d'eau colorée à un arbre, vers son sommet, à l'entrée de la nuit; il a vu alors l'eau colorée suinter dans le corps ligneux en descendant, tandis qu'avec le même appareil, pendant le jour, la sève colorée était aspirée dans le sens ascendant. Si cette expérience est bien exacte, elle ne prouve autre chose, sinon que les sucs imbibés dans le bois sont appelés au sommet par le jeu des organes foliacés, lorsque ceux-ci sont excités par le soleil, et suivent l'impulsion de la pesanteur quand ces organes sont en repos; mais ce n'est pas ce suc aqueux, d'où qu'il provienne, qu'il faut entendre sous le nom de sève descendante. M. Féburier, croyant cette sève aussi aqueuse que l'autre, s'est donné beaucoup de peine pour la recueillir, et, de son propre aveu, il n'y a réussi que d'une manière imparfaite et même douteuse. Quant à moi, j'ai toujours attendu, et j'ai toujours eu le même résultat

que M. Mirbel (1), c'est-à-dire, que je n'ai vu découler aucun suc liquide de la face supérieure des entailles faites au tronc des arbres, à moins qu'on ne donne ce nom ou à certains sucs propres extravasés, ou à la matière qui s'organise peu à peu dans les cellules en matière ligneuse, ou au cambium, c'est-à-dire, à ce suc visqueux et peu fluide si visible au printemps entre le bois et l'écorce, qui paraît contenir les rudimens des nouvelles couches ligneuses et corticales, et mérite plutôt, comme l'a très-bien dit M. Mirbel (2), le nom de tissu que celui de suc.

Je crois avoir établi dans cette discussion, 1° qu'il descend de la nourriture à l'état liquide du haut des arbres exogènes vers le bas; 2° que rien ne prouve que les fibres descendent des bourgeons, ni que ces prétendues fibres soient les origines des racines, et surtout des racines adventives; 3° que les couches ligneuses et corticales proviennent dans le sens latéral du cambium fourni par les couches précédemment existantes, et sont nourries par le suc descendant; 4° qu'enfin il y a des germes de jets caulinaires essentiellement développés par le suc ascendant, et des germes de racines développés par le suc descendant.

Les faits et les considérations que nous venons d'exposer tendent à prouver que des sucs découlent des parties supérieures des végétaux vasculaires vers leurs parties inférieures; mais ces sucs sont loin d'être homogènes. Les uns, tels que les matières gommeuses et autres analogues, sont très-semblables à eux-mêmes dans tous les

---

(1) Mém. sur les fluides des végétaux, p. 7.
(2) Bull. Soc. philom., 1816.

végétaux; les autres sont prodigieusement divers par leur composition et leur histoire. Quel rôle devons-nous attribuer à chacun d'eux? C'est la question la plus difficile de la physiologie végétale. Pour tenter, sinon de la résoudre complétement, au moins de l'éclaircir et d'en préparer la solution, nous allons nous livrer à quelques considérations générales qui pourront bien paraître hypothétiques au premier aperçu, mais que l'examen détaillé qui suivra immédiatement pourra corroborer.

Les sucs qui descendent des parties supérieures remplissent évidemment deux rôles : 1° ils nourrissent et développent les parties; et 2°, ils forment des produits spéciaux dans des places fort diverses. Les premiers semblent, à certains égards, analogues au sang des animaux; les seconds à leurs sécrétions : cherchons à les distinguer, sans attacher trop de poids à cette analogie.

CHAPITRE VII.

Des Sucs nourriciers.

§. 1er. Du Suc nourricier en général.

Le suc qui dans les végétaux ressemble au sang des animaux, sous ce rapport qu'il détermine l'accroissement et l'alimentation des organes, se forme évidemment dans les parties foliacées; c'est ce qui résulte du chapitre précédent.

Ce suc doit exister dans tous les végétaux vasculaires sans exception, puisque tous s'accroissent et se nourrissent : par conséquent tout suc trop spécial ne pourra être considéré comme tel.

L'accroissement et l'alimentation ayant lieu simultanément dans l'aubier et dans l'écorce, il faut encore que le suc nourricier soit parmi ceux qu'on trouve dans ces deux organes.

Ce suc, que nous considérons comme l'aliment général de tous les organes, et qu'on peut comparer au chyle, ou mieux, au sang des animaux, devra être de nature à ce que les végétaux ne souffrent jamais de son action; et par conséquent il est probable que tout suc végétal qui, dans certains cas donnés, peut agir comme poison, ne sera pas le suc nourricier proprement dit.

Ce suc, étant formé par l'action des organes foliacés,

lesquels reçoivent de l'eau et décomposent de l'acide carbonique dont ils gardent le carbone, doit être essentiellement composé d'eau, ou de ses élémens, plus une certaine quantité de carbone. Cette composition se rencontre dans toute la classe des matériaux immédiats des végétaux, que quelques chimistes désignent sous le nom de *neutres*, et que, d'après les expériences de M. W. Prout, on peut considérer comme représentés par une molécule d'eau et une de carbone (1), et nommer *hydrocarbonés* (2) : il est probable que le suc nourricier appartient à cette classe.

D'après ces divers critères, je ne connais que la matière gommeuse qui puisse être considérée comme le suc nourricier des végétaux. En effet, 1° elle est formée dans les parties foliacées : c'est ce que démontrent tous les cas accidentels où nous l'en voyons découler; 2° elle existe dans tous les végétaux vasculaires sans exception connue; 3° on la trouve dans tous leurs organes, et surtout dans l'écorce, qui joue évidemment un grand rôle dans la nutrition du bois et dans les sécrétions; 4° sa qualité est favorable aux plantes qui peuvent vivre sans danger dans une solution aqueuse de gomme; 5° sa composition, qui semble n'être que de l'eau condensée et du carbone, répond à ce qu'on doit attendre de l'action

(1) Raspail, Journ. des sc. d'obs., III, p. 334.

(2) Le terme de neutre est incommode en ce qu'il a eu de tout temps un autre sens, celui de n'être ni acide, ni alcalin : ainsi, ces corps, que je nomme *hydrocarbonés* (voy. le tableau à la fin du chapitre VIII), se divisent en deux séries : les uns sont neutres dans l'ancien sens du mot, et les autres sont acides.

immédiate des feuilles; 6° cette composition diffère fort peu des matières, qui par leur universalité paraissent la base de la végétation; et l'expérience montre que ces matières sont susceptibles d'être ramenées à l'état de gomme par des opérations peu compliquées. Aussi M. Prout a-t-il réuni, sous le nom de principe saccharin, les sucres, les gommes, les fécules et le ligneux, qui peuvent tous être convertis en sucre par l'action de l'acide sulfurique étendu d'eau.

Pour mettre cette opinion dans tout son jour, je vais exposer d'abord l'histoire chimique et physiologique de la gomme, de la fécule, du sucre et de la matière ligneuse, et je reviendrai ensuite sur les considérations générales de théorie qui résultent de ces faits.

§. 2. De la Gomme.

La gomme, considérée à l'état de pureté chimique, est une matière plus dense que l'eau (de 1,316 à 1,482, l'eau étant de 1,000), très-soluble dans ce liquide, où elle forme une dissolution épaisse, connue sous le nom de *mucilage*. Exposée à la chaleur, elle se boursouffle sans se fondre; traitée par l'acide nitrique, elle donne de l'acide mucique et de l'acide oxalique. Elle forme un précipité blanc avec la potasse silicée. Elle est insoluble dans l'alcool, les éthers et les huiles. Sa composition paraît être celle qui résulterait de l'eau ou de ses élémens combinés avec du carbone : la présence d'une très-faible quantité d'azote est une question controversée entre les chimistes. (*Voyez* le tableau à la fin du chapitre VIII.)

On obtient la gomme dans le plus grand état de pureté,

lorsqu'elle découle naturellement de l'écorce des arbres. Cette exsudation est toujours morbide et accidentelle. Si la gomme est une matière sécrétée, c'est une excrétion analogue sous ce rapport à celle des résines et des gommes-résines; si elle est le suc nourricier, cette exsudation serait une véritable hémorrhagie. Cette dernière opinion semble la plus probable, si l'on considère que les arbres qui donnent de la gomme sont toujours dans un état maladif, tandis que ceux qui suintent des sucs résineux n'en paraissent pas sensiblement altérés. Il est tout naturel aussi que la gomme soit pure, lorsqu'elle sort ainsi extravasée, et qu'on la trouve mélangée avec une foule de produits divers, lorsqu'on la rencontre dans les organes eux-mêmes. Ainsi, dans le règne animal, le sang qui jaillit d'une saignée ou d'une hémorrhagie est pur, tandis que, si l'on faisait l'analyse d'un viscère en masse (comme on le fait si souvent dans la chimie végétale), on trouverait le sang mélangé avec une foule de matières.

La gomme suinte plus fréquemment de certains végétaux que d'autres, quoiqu'on en trouve dans toutes les écorces. On peut signaler sous ce rapport, 1° les arbres et arbrisseaux des familles des légumineuses, des rosacées et des térébinthacées, familles voisines entre elles sous le rapport botanique, et qui ont aussi ce rapport chimique, que leur écorce contient beaucoup de matière tannante. Parmi les légumineuses, on peut signaler les gommes arabique et du Sénégal, qui proviennent de plusieurs acacias; la gomme adragante, produite par plusieurs astragales ligneux, et qui est très-remarquable, parce que, mise en morceaux dans l'eau, elle se boursouffle exces-

sivement sans se fondre (1). Parmi les rosacées, la gomme du pays qui suinte des cerisiers, pruniers, pêchers et abricotiers, etc. Entre les térébinthacées, on peut citer l'*anacardium occidentale*, qui exsude une gomme quelquefois très-remarquable par son abondance. J'en ai reçu d'Amérique (2) un échantillon pesant sept livres, qu'on m'assurait n'être que la sixième partie de la masse fournie par un seul point de l'arbre, qui en aurait ainsi transsudé quarante-deux livres par une seule fissure. Outre ces sortes de gommes très-connues, on peut citer la gomme dite *kuteera* (3), qui découle du *sterculia urens*; celle du *feronia elephantum*, qui remplace dans l'Inde la gomme arabique, et une foule d'autres inutiles à mentionner ici. Ainsi le *kœlreutera* donne, selon Paoli, une gomme analogue à la gomme arabique; le *sophora japonica*, une un peu analogue à celle de Bassora, etc., etc.

Quelques chimistes, et notamment John et Thompson, ont différencié la gomme proprement dite, dont la gomme arabique est le type, et la *cérasine*, dont la gomme adragante et celle des rosacées amygdalées font partie. Cette cérasine se distingue seulement parce qu'elle est moins soluble à l'eau, et que l'alcool et l'acétate de potasse n'y

(1) Ce phénomène tiendrait-il à ce que la matière gommeuse y est encore enveloppée dans les cellules ?

(2) Serait-ce la gomme Dominique de Thompson, Syst., IV, p. 83 ?

(3) Par une singulière erreur, l'habile traducteur de Thompson lui a donné en français le nom de gomme-gutte, qui appartient à un tout autre produit.

font pas de précipité. J'abonde dans l'opinion de MM. Chevreul et Thénard, qui réunissent ces produits au genre des gommes : toute leur histoire est identique, sauf ces légères différences.

La *bassorine*, qui forme souvent la partie gommeuse des gommes-résines, pourrait bien aussi n'être qu'une simple variété de gomme; elle se retrouve comme formant une partie notable de presque toutes les gommes.

Si l'on suivait avec attention les produits des divers végétaux, on n'en trouverait presque aucuns qui fussent rigoureusement semblables d'une plante à l'autre : il faut donc, dans les genres établis parmi ces matériaux, admettre des caractères un peu généraux, puis les sous-diviser en espèces et variétés.

Sous le rapport physiologique, on pourrait mieux admettre la distinction du *muqueux*, aussi proposée par Thompson, et rejetée par Chevreul et Thénard. En effet, le muqueux s'obtient par l'ébullition de la graine de lin (1), des racines d'althæa et des bulbes de *scilla non scripta*, etc, c'est-à-dire, d'organes assez différens de ceux qui laissent transsuder la gomme. Cette matière est plus évidemment azotée, et est susceptible de fournir de l'ammoniaque et de l'acide prussique; l'alcool précipite le muqueux en flocons blancs, etc. Mais les chimistes français le réunissent comme espèce au genre des gommes, parce qu'il fournit, comme elles, des acides

(1) M. Gay-Lussac rapporte la gomme de la graine de lin à la gomme adragante. Cette opinion serait d'accord avec le soupçon indiqué plus haut, que la gomme adragante est de la gomme renfermée dans des cellules.

saccho-lactique et oxalique, quand on le traite par l'acide nitrique. Si, fondé sur la physiologie, j'osais avoir une opinion entre ces habiles chimistes, je croirais que le muqueux ne peut être un des matériaux simples des végétaux, mais qu'il est un mélange d'une gomme ou matière analogue et d'autres principes. Cette matière, en effet, ne s'écoule point à l'état de pureté d'aucun végétal. On l'extrait en faisant bouillir très-long-temps des organes très-composés, tels que des graines ou des racines, et on obtient, comme quand il s'agit de l'extractif, un mélange ou une moyenne de produits divers. M. Vauquelin (1) est aussi conduit par ses expériences mêmes à un résultat analogue, puisqu'outre la gomme, il trouve dans le muqueux du lin, qu'on dit un des plus purs (2), un peu de substance animale, de la silice, des acétates et phosphates de chaux, des acétate, sulfate et hydrochlorate de potasse.

La *gelée* est une matière qu'on trouve dans tous les fruits acides, tels que les groseilles, et qui se distingue parce qu'elle est molle, tremblante, peu soluble à l'eau froide, très-soluble à l'eau chaude, et qui par le refroidissement reprend l'apparence gélatineuse. Thompson soupçonne que ce doit être de la gomme combinée avec un acide qui paraît l'acide pectique, et M. Guibourt (3) la considère comme une matière spéciale, qu'il propose de nommer *grossuline*.

---

(1) Ann. chim., 80, p. 318; Thénard, chim., III, p. 197.
(2) Thomps., Syst. chim., IV, p. 50.
(3) Journ. de chim. méd., 1825, p. 27; Bull. sc. chim. de Féruss., III, p. 333.

Pourrons-nous, d'après ces données chimiques et physiologiques, démêler le rôle des matières gommeuses? Celles qui suintent des écorces ressemblent aux sécrétions, 1° par l'organe qui leur donne naissance, 2° par la manière même dont elles s'en échappent; mais elles en diffèrent, 1° par leur abondance dans certains cas, 2° par l'irrégularité de leur formation, 3° par leur nature nutritive et non vénéneuse pour les plantes. Je serais donc porté à croire que c'est un suc déposé dans l'écorce et l'aubier pour la nourriture, suc qu'on doit probablement considérer comme le suc nourricier lui-même, et analogue à ces matières, qui, comme le sucre ou la fécule, se trouvent abondamment dans les végétaux, et constituent la masse de certains organes. Ce n'est pas, selon moi, le cambium proprement dit, mais la matière qui lui sert de nourriture, et qui ne sort, en effet, que dans des cas morbides et accidentels.

Plusieurs des arbres qui portent de la gomme n'en laissent point échapper au-dehors dans le cours ordinaire des choses : ainsi les pruniers, les pêchers, les cerisiers de nos jardins, ne donnent, en général, de la gomme à l'extérieur que lorsqu'ils sont dans un état de demi-maladie, ou souvent prêts à périr.

La cause mécanique qui détermine la sortie de ces gommes et de plusieurs autres matières demi-liquides contenues dans l'écorce, est assez claire dans les deux exemples suivans.

Le *nemaspora crocea* est une production parasite très-singulière, qui se développe dans l'écorce intérieure de plusieurs arbres, et notamment du hêtre. Elle se présente sous l'apparence d'une gomme un peu colorée, et

j'ai cru jadis (*Bull. philom.*, 1798) à tort qu'elle était un simple produit de l'arbre : j'ai reconnu ensuite qu'elle est réellement un végétal, soit par son analogie avec d'autres genres dont on ne peut nier la nature, soit parce qu'elle renferme une multitude de petits corps qui paraissent être des sortes de capsules (*thecæ*) pleines de spores. Cette matière gommeuse est rejetée au-dehors par les pores ou fentes de l'écorce, comme poussée par une force intérieure; et cela a lieu, soit pendant la vie de l'arbre, soit après sa mort. Dans ce dernier cas, ce n'est pas l'accroissement du corps ligneux qui peut déterminer l'expulsion de la gomme; mais je me suis assuré par une suite d'observations que l'expulsion des lames de némaspore au travers des fentes de l'écorce est sensiblement proportionnelle au degré d'humidité de l'air : d'où j'ai conclu que le corps ligneux absorbe l'humidité de l'air plus que l'écorce (fait d'ailleurs bien reconnu); que par conséquent, dans les temps humides, il se gonfle plus qu'elle, et se serre, pour ainsi dire, dans son étui. Alors les matières pulpeuses ou liquides qui peuvent être contenues dans l'écorce intérieure, sont poussées au-dehors par cette pression du cylindre intérieur. Je conçois de cette manière l'expulsion des némaspores, celle des matières gommeuses, gommo-résineuses ou autres ainsi chassées hors des fentes de l'écorce.

L'histoire de la gomme adragante confirme en entier cette opinion. Tournefort (1) et Labillardière (2) ont vu que cette gomme sort des astragales ligneux qui croissent

(1) Voyage au Levant.
(2) Journ. de phys., janvier 1790.

au sommet du mont Ida ou du mont Liban, que c'est le matin qu'on la trouve en abondance, et que cette sortie n'a lieu que lorsque le sommet de la montagne a été pendant la nuit abondamment baigné par des brouillards; alors le bois se gonfle, et chasse la gomme au-dehors.

Le peu que nous savons d'exact sur la sortie de la manne hors de l'écorce des frênes, et de celle des gommes confondues sous les noms d'*arabique* ou *de Sénégal*, hors de l'écorce de divers arbres, me semble s'accorder avec cette explication. J'engage cependant les voyageurs à vérifier cette opinion par une observation plus précise des circonstances où ces matières sortent des arbres. En général, nous manquons de documens physiologiques sur tous ces produits. La chimie a bien pu nous faire connaître leur nature, et la botanique a déterminé leur origine; mais l'étude physiologique de leur formation ou de leur expulsion a été totalement négligée. Je croirai avoir rendu service à la science, si ces lignes, lues par les voyageurs, peuvent nous procurer quelques documens nouveaux.

§. 2. De la Fécule.

La fécule est une matière fort abondante dans les végétaux, et qui, considérée dans son état ordinaire, offre les caractères suivans : elle est sous forme de petits grains blancs, pulvérulens, secs, durs, insipides, inodores, inaltérables à l'air. Ces grains ne sont point attaqués, ni par l'alcool, ni par l'éther, ni par l'eau froide, mais se combinent facilement avec l'eau chaude, et forment une gelée connue sous le nom d'*empois*. Sa pesanteur spécifique est plus grande que l'eau (1,53, l'eau étant

100.) On l'obtient des farines ou des végétaux pulvérisés, par de simples lotions faites à l'eau froide. Les acides la changent en sucre de raisin ; les alcalis rendent celui-ci soluble. (*Voyez* sa composition dans le tableau, ch. VIII, art. 5.)

La propriété la plus frappante de la fécule et celle dont les chimistes se servent pour la reconnaître, c'est que la teinture d'iode lui donne en général une belle couleur bleue, d'un carmin ou violet pâle quand elle est faible, presque noire quand elle est très-foncée. M. Raspail, qui a récemment étudié cette matière avec soin (1), pense que cette coloration ne tient pas à la nature propre de la fécule, mais qu'elle est due à la présence d'une substance étrangère et volatile, que l'évaporation fait disparaître. Il admet, d'après cette considération, que la matière appelée *inuline* par Thompson est identique avec la fécule, quoiqu'elle ne se colore pas en bleu par la teinture d'iode ; et en effet, tous ses autres caractères ont un rapport très-prononcé avec les fécules colorables par l'iode. M. Guibourt (2) nie l'existence d'un principe volatil, et croit que les cas où la coloration par l'iode n'a plus lieu, sont dus à la formation d'un proto-iodure d'amidon. Quoi qu'il en soit, nous admettrons ici la fécule comme un terme générique comprenant deux espèces : 1° la *fécule amylacée* ou l'*amidon*, qui sera pour nous la fécule colorable par l'iode ; et 2° l'*inuline* ou la fécule non colorable par l'iode : celle-ci est un peu plus

(1) Mém. sur la Fécule, dans les Ann. des sc. nat., 1825, oct. et nov. ; et dans le Journ. des Sc. d'obs., vol. II et III.

(2) Journ. de Pharm., 1829, p. 130.

légère (1,35, l'eau étant 100) et plus soluble à l'eau chaude. Son identité avec l'amidon semble confirmée par un fait cité par M. Raspail (1), mais qui, d'après son propre récit, a besoin de vérification, savoir : que la racine de topinambour, cultivée aux Antilles, donne de l'amidon; et cultivée en France, de l'inuline. Elle est encore confirmée par cette observation, que certaines fécules, telles que celle du typha, sont peu colorables par l'iode, et semble ainsi intermédiaires entre l'amidon et l'inuline. La fécule du lichen d'Islande, qui n'est pas colorable par l'iode (2), paraît sous ce rapport se rapprocher de l'inuline.

Chaque grain d'amidon, et probablement de toute fécule, se compose, d'après les observations de MM. Raspail et Guibourt, d'un tégument lisse, inattaquable par l'eau et par les acides à la température ordinaire, et d'une substance soluble qui paraît analogue à la gomme. M. Chevreul nomme le tégument *amidin*, et la matière contenue *amidine*. M. Raspail paraît croire que la matière soluble est de la gomme. M. Guibourt croit que ce n'est pas de la gomme proprement dite, mais une matière très-analogue, et qui pourra la remplacer dans les arts. Lorsque ce tégument est rompu, soit par une cause mécanique comme celle de la râpe ou de la meule, soit par la dilatation déterminée dans le liquide interne par la chaleur, alors la matière soluble s'écoule comme d'elle-même, et les tégumens restent vides ou lacérés. Ce sont ces tégumens qui, selon M. Raspail, ont été considérés comme

(1) Ann. des Sc. nat., 1826, mars.

(2) Gay-Lussac, Leçons de chim., 27; p. 16.

formant une matière particulière, à laquelle M. Théodore de Saussure avait donné le nom d'*amidine*, et M. Prout, qui l'avait d'abord observée, celui d'*hordéine*. M. Guibourt pense que le tégument de l'orge ou l'hordéine diffère de celui du froment par une qualité plus ligneuse (1). La matière soluble, qui dans l'amidon est un peu colorable par l'iode, paraît perdre cette faculté à l'air; et c'est ainsi qu'on peut comprendre que la gomme, quoique peut-être identique avec cette matière soluble, en diffère cependant, parce qu'elle ne se laisse pas colorer par la teinture d'iode. En admettant cette identité, on pourrait dire qu'une fécule quelconque est une vésicule insoluble, pleine ou de gomme proprement dite, ou d'une matière très-analogue à la gomme (2).

Or, cette idée, l'identité ou l'extrême analogie de la matière soluble de la fécule avec la gomme s'accorde très-bien avec le rôle que la fécule paraît jouer dans l'organisation. On la trouve ramassée en abondance dans toutes les parties du végétal, où, d'après d'autres considérations, nous avons admis qu'il y avait dépôt de nourriture. Si, comme tout le rend probable, la gomme est l'aliment naturel du végétal, les grains de fécule forment un amas de gomme emmagasinée et mise à l'abri de l'ac-

(1) Journ. de Pharm., 1829, p. 186.

(2) Davy semble admettre l'identité de cette matière, en disant que l'amidon est du mucilage coagulé. M. Couverchel (Ann. des sc. nat., 1831, Bull., p. 39) semble indiquer quelque différence entre ces matières, lorsqu'il dit que la gomme obtenue de la fécule, quoique semblable extérieurement à la gomme arabique, ne donne pas d'acide mucique quand on la traite par l'acide nitrique.

tion directe de l'eau de végétation. Ainsi, on trouve de ces amas de fécule :

1°. Dans les albumens farineux des céréales, des graminées en général, des polygonées et d'une foule d'autres végétaux;

2°. Dans les cotylédons dits charnus, tels que les haricots et les fèves, qui, ainsi que les albumens, contiennent des magasins de nourriture pour la jeune plante;

3°. Dans les tubercules destinés à nourrir de jeunes pousses, comme la pomme de terre, le topinambour, les orchis, d'où on tire la fécule sous le nom de *salep*, etc.;

4°. Dans toutes les racines vivaces destinées à nourrir au printemps suivant les pousses qui doivent se développer, comme la bryone, qui fournit de l'amidon; l'*inula helenium*, l'*anthemis pyrethrum*, qui donnent de l'*inuline*;

5°. Dans toutes les bulbes ou rhizomes destinées au même emploi, tels que l'arum, le typha, le colchique, l'iris, les fougères, le *maranta arundinacea*, dont l'amidon porte le nom de *arrow-root*, etc.;

6°. Dans les tiges ligneuses des monocotylédones, qui doivent nourrir les jeunes pousses, comme le font les bulbes et les rhizomes : telles sont, par exemple, les tiges de *sagus* qui produisent le sagou, et de plusieurs palmiers et arbres analogues;

7°. Dans les parties intérieures de certaines écorces de dicotylédones, telles, par exemple, que celles du pin ou du bouleau, dont on l'extrait dans le Nord;

8°. Dans les réceptacles épais et charnus des arti-

chauts et autres cynarocéphales, qui sont des réservoirs de nourriture pour les fleurs;

9°. Dans les sarcocarpes farineux de certains fruits, tels que la datte ou le fruit de l'arbre à pain.

Dans tous ces exemples, la fécule emmagasinée par la végétation peut devenir nutritive pour l'homme ou pour la plante, selon les circonstances.

L'homme s'empare de cette nourriture préparée, et la tourne à son profit, en la soumettant à la cuisson, qui dilate les vésicules de fécule, et laisse échapper la gomme, dont l'eau s'empare. Cette action est facilitée par la trituration, qui rompt d'avance une partie des vésicules. C'est ainsi que les fécules des graines de céréales, des tubercules des pommes de terre, etc., etc., deviennent éminemment alimentaires.

La plante profite de la nourriture renfermée dans les vésicules de la fécule; aussi sa quantité va en croissant à la fin de l'année dans les racines, rhizomes et tubercules; elle est à son maximum en hiver, et elle commence à diminuer au printemps. Ces effets sont populairement connus dans les pommes de terre, et en général dans tous les dépôts qui servent à notre nourriture. Ainsi, cent livres de pommes de terre donnent en fécule (d'après la *Bibliothèque physico-économique*, 1828, p. 332) :

En août, environ	10 livres;
En septembre,	14 1/2;
En octobre,	14 3/4;
En novembre,	17;
En mars,	17;
En avril,	13 3/4;
En mai,	10,

M. Lecoq a vu (1) de même que le rhizome des typha, qui en décembre contient 0,125 de fécule, n'en a plus que 0,108 au mois d'avril. M. Prout a vu aussi la quantité d'hordéine diminuer pendant la germination de l'orge. L'altération de la fécule dans ces cas s'opère probablement parce que les variations de température locale déterminées par la végétation peuvent suffire pour rompre les vésicules, et dégager la matière soluble. M. Raspail cite en faveur de cette opinion la chaleur qui se développe dans la germination des graines féculentes, telle que l'orge, par exemple; et il est possible, en effet, que des phénomènes moins évidens d'élévation de température existent localement dans d'autres circonstances; il est possible aussi que l'action de plusieurs des matières qui existent avec la fécule dans diverses parties, telles que le tannin ou les alcalis, pussent, dans des circonstances données, opérer cette rupture du tégument, et libérer la matière gommeuse. Il paraîtrait certain (2) que plusieurs acides végétaux peuvent, à la température de l'eau bouillante, et peut-être au-dessous, convertir la fécule en sucre. Ainsi, on peut comprendre, sans de grandes difficultés, l'altération de la fécule par l'acte même de la végétation.

M. Raspail a encore observé que l'intérieur des globules du pollen présente des granules qui se colorent en bleu par l'action de l'iode; et, quoiqu'il avoue lui-même que cette preuve isolée ne suffise pas pour affirmer que ce sont des grains de fécule, on ne peut nier que ce ne soit

(1) Journ. de Pharm., 1828, p. 222.
(2) Plisson, Journ. de Pharm., 1829, p. 271.

une probabilité. Or, comme il y a de la chaleur développée au moment de la fécondation, il trouve dans l'accord de ces faits quelque induction pour penser que cette chaleur, comme celle de la germination, fait dilater et crever les tégumens de ces granules.

On trouve dans un grand nombre d'organes des végétaux, et notamment dans les cellules du corps ligneux et du corps cortical, et dans le cambium; on trouve, dis-je, des globules isolés, qui, selon M. Raspail, sont des grains de fécule, quoiqu'on ne puisse les colorer par l'iode.

On serait donc tenté d'admettre que ces grains se forment dans les cellules aux dépens de la gomme qui peut s'y trouver; que, dans d'autres circonstances, ils se crèvent, et laissent échapper leur matière soluble, qui transsude au travers des parois, et peut aller se porter vers quelque autre point. Ainsi, à une première époque de maturité, le placenta est plein de fécule, et plus tard il en est dépourvu, et c'est l'albumen qui en est abondamment muni. Comme on ne voit aucun pore dans les cellules, on ne peut supposer que les grains de fécule passent directement d'une cellule à l'autre, tandis que le phénomène se conçoit par la rupture des grains, la transsudation de la matière soluble, et la formation de nouveaux grains. Le tégument de ces grains est-il véritablement membraneux? est-il analogue au tégument des cellules? Ces grains de fécule tiennent-ils aux parois intérieures des cellules (1) par une sorte de hile visible après leur désunion? La formation indéfinie des grains

(1) Raspail, Bull. des sc. chim., VIII, p. 33.

de fécule à l'intérieur des cellules serait-elle donc ainsi une sorte d'emboîtement ? Ce sont des questions qui ne me paraissent pas susceptibles de solution formelle dans l'état actuel de la science. Ceux qui voudront réfléchir sur ce sujet, pourront lire les Mémoires de M. Raspail déjà cités, et l'Extrait de ses recherches chimiques et physiologiques, inséré au volume 10, page 251 du *Bulletin des sciences naturelles*. L'auteur y expose des idées très-nouvelles sur la théorie générale des tissus végétaux; mais, comme il n'en donne pas les preuves, on ne peut encore ni les admettre, ni les rejeter.

La forme des grains de fécule varie depuis la forme sphérique à l'ovoïde, et prend quelquefois des formes irrégulières; leur grosseur est aussi très-variable, comme on en peut juger d'après le tableau suivant, extrait d'un Mémoire de M. Raspail (1).

			millim.
Fécule de pomme de terre varie de diamètre de	1/8	à	1/200
— de sagou (tige) (2)	1/10	à	1/200
— d'alstrœmeria (bulbes)	1/10	à	1/200
— igname (rhizome)	1/17	à	1/150
— de fève (cotylédons)	1/20	à	1/300
— froment (albumen)	1/20	à	1/300
— tulipe (bulbe)	1/20	à	1/150
— topinambour de la Martinique (tubercules)	1/25	à	1/200

(1) Bull. des sc. nat. de Férussac, nov. 1826.

(2) C'est, selon M. Guibourt (Journ. de Pharm., 1829, p. 131), la moins soluble à l'eau bouillante de toutes les fécules usuelles.

—	marron d'Inde (cotylédons)	1/33	à	1/200
—	châtaigne (cotylédons)	1/33	à	1/200
—	tapioka (racine de manihot) (1)	1/35	à	1/300
—	orge (albumen)	1/40	à	1/300
—	maïs (albumen)	1/40	à	1/200
—	bryone (racine)	1/70	à	1/400
—	patate (racine)	1/75	à	1/400
—	topinambour de France (racine)	1/100	à	1/300
—	salep d'orchis (tubercules)	1/200	à	1/300
—	d'arum (tubercules)		*idem*	
—	petit millet (albumen)		1/400	

L'albumen du maïs est presque corné à l'extérieur, et évidemment féculent à l'intérieur : la seule différence entre ces deux parties paraît être que la fécule y est plus ou moins serrée et tassée. De là, M. Raspail soupçonne que les albumens cornés en général sont formés par la condensation de la fécule, et il est probable que cela est vrai dans quelques cas, tels que le maïs, le coix, etc. ; mais dans les albumens cornés et à suc huileux, tels que le café ou certains palmiers, il est vraisemblable que cet effet est ou déterminé par quelque autre cause, ou combiné avec quelque autre fait.

Le rôle de la fécule dans les végétaux a beaucoup d'analogie avec celui de la graisse dans les animaux, sous ce rapport que c'est un dépôt de matière nutritive emmagasinée et susceptible d'être réabsorbée par les forces

(1) La moussache, qui provient de la même racine, mais qui n'a pas été chauffée, offre, selon M. Guibourt, des grains plus petits et plus réguliers. Elle est, selon M Planche, une des plus légères avec celle de la racine de radis noir. (Journ. de Pharm., 1829, p. 131 et 132.)

vitales. M. Raspail, qui a saisi fort heureusement ce rapprochement, assure que la graisse est organisée comme la fécule, c'est-à-dire, formée d'un tégument et d'une matière liquide, et il fait observer que Swammerdam avait déjà eu cette opinion dans sa *Bible de la nature* (Leyde, 1737, p. 311). Le rapport de la graisse avec l'huile fixe me paraît plus frappant, et j'y reviendrai en m'occupant de ce produit, chapitre VIII, article 4.

La *légumine* est une variété de fécule qui a été obtenue par M. Braconnot (1) des pois et des haricots secs et mûrs, réduits en pulpe et délayés dans l'eau ; la liqueur laiteuse qui en sort contient ce principe en dissolution ; il s'en sépare par l'évaporation en pellicules diaphanes qu'on purifie par l'alcool bouillant. Elle se trouve alors dans un état analogue à l'amidon. Il y en a 18,4 dans les pois, 18,2 dans les haricots.

Pour donner une idée approximative de la quantité de fécule qui existe dans divers organes des végétaux, je terminerai cet article par le tableau suivant, extrait des principaux auteurs qui ont traité ce sujet (2), mais en observant qu'on ne doit considérer ces chiffres que comme des approximations variables selon l'état de la végétation, l'époque de l'observation, et le but de l'expérimentateur.

---

(1) Ann. de phys. et chim., 1827, p. 68.

(2) Vauquelin, Mém. du Mus., vol. III ; Davy, Chim. agr., I, p. 174 ; Einhof, cité par Davy ; Ricord-Madiana, Journ. pharm., 1830, p. 306. On peut voir dans les Recherches sur les végétaux nourrissans (1 vol. in-8°, Paris, 1781), de Parmentier, une liste des plantes de France susceptibles de fournir de la fécule, mais sans indication des quantités.

1°. *Racines.*

	Sur 100 parties.
Iatropha manihot (var. rouge),	13,5
idem (var. verte),	11,5
Iatropha glandulosa,	des traces
— curcas,	*idem*
Ipomœa batatas, selon Ricord,	7,5
— — selon Henry (var. rouge),	13,3

2°. *Tubercules.*

Pomme de terre (var. dite orpheline),	28,
— — (var. dite rennoise),	20,
— — en moyenne,	24,

3°. *Rhizomes.*

Maranta arundinacea,	12,5
Canna coccinea,	12,5
— indica,	3,3
— lutea,	1,6
Amomum zingiber,	13
— curcuma,	26
Dioscorea triloba,	25
— elata.	19
— sativa,	12,5
— aculeata,	11,5
— piperifolia,	18,5
— bulbifera,	4,9

4°. *Péricarpes.*

Artocarpus ioca,	6,2
— incisa,	3,2

5°. *Graines.*

	Sur 100 parties.
Mammea americana,	23
Fève,	34
Haricot,	46
Lentille,	32
Pois,	50
Orge,	79
Seigle,	61
Avoine,	59
Epeautre,	68
Froment d'automne,	77
— de printemps,	70
— de Barbarie,	74
— de Sicile,	75
Riz de Caroline,	85,07
— Piémont,	83,80
Maïs,	80,92
Ocotea pichurim,	11
Mango (Mangifera indica),	37,93.

§. 4. Du Sucre.

Le sucre est une matière qui a de grands rapports avec la fécule et avec la gomme, et qui se caractérise, 1° par sa saveur douce; 2° par la propriété de se convertir en acide carbonique et en alcool, lorsqu'elle est placée dans des circonstances convenables. C'est cette propriété du sucre qui fait que la quantité qui s'en trouve dans chaque partie d'un végétal est la mesure de la quantité de matière alcoolique que la fermentation en pourra retirer.

C'est un fait fort connu que la présence du sucre dans tous les fruits fermentescibles. MM. Guillemin et Henry ont trouvé un sucre incristallisable dans la racine de gentiane jaune, de laquelle on retire en effet un peu d'alcool.

Les chimistes en distinguent plusieurs espèces, savoir : le sucre cristallisable de canne, de raisin et des champignons, et le sucre liquide ou sirop, qui se trouve souvent mélangé avec l'un des précédens.

Le sucre de canne cristallise facilement en prismes quadrilatères ou hexaèdres, terminés par des sommets dièdres ou plus rarement trièdres. Il est plus dense que l'eau (= 1,605 : 1,000), inodore, phosphorescent quand on le râpe à l'obscurité, d'un beau blanc, moins soluble dans l'alcool que dans l'eau. Il cesse d'être cristallisable par son union aux terres alcalines et dans plusieurs autres circonstances.

Le sucre de raisin cristallise en petites aiguilles ; il est moins sucré que le précédent, moins soluble dans l'eau. L'acide sulfurique transforme l'amidon en un sucre très-analogue à celui du raisin, ou peut-être identique avec lui. Le sucre solide du miel paraît être aussi identique avec lui. Quelques chimistes pensent qu'il est formé par la combinaison du sucre de canne avec un acide végétal.

Le sucre de champignons cristallise en longs prismes quadrilatères à base carrée ou en petites aiguilles soyeuses. Il est moins doux que le sucre de canne.

Le sucre liquide coexiste avec les deux premières espèces dans les végétaux, et il est pur dans quelques-uns. Il fermente sans avoir besoin d'un ferment étranger,

comme les sucres cristallisables. Il paraît contenir quelques matières étrangères, telles que l'acide malique et quelques sels.

Voyez le tableau de la composition de ceux de ces sucres sur lesquels on a des données suffisantes, à la fin du chapitre VIII.

Si nous considérons maintenant ces divers sucres dans leurs rapports avec la végétation, nous trouverons les différences suivantes :

1°. Le sucre de canne se retire, comme on sait, du suc qui remplit les cellules de la tige de la canne à sucre (*saccharum officinarum*, Linn., jadis appelée *arundo saccharifera*). On en retire 0,17 dans l'Indoustan, et 0,14 dans les Indes-Occidentales. On le retrouve dans l'enveloppe cellulaire de la racine de betterave (*beta cycla*), qui en contient jusqu'à 0,7, mais dont on n'en extrait en grand que 0,5 à 0,6; dans la sève des érables (*acer saccharinum* et *montanum*); et on assure que celui qu'on trouve dans les châtaignes est identique avec les précédens. Il est, en général, plus ou moins mélangé avec du sucre liquide.

2°. Le sucre de raisin a été primitivement étudié par Prout dans le raisin, mais se retrouve dans un grand nombre de fruits, tels que la groseille, la cerise, l'abricot, etc. Il forme une efflorescence blanche à la surface des figues sèches; il donne la saveur sucrée au nectar des fleurs, et entre dans la composition du miel avec du sucre liquide. C'est probablement celui-ci qui a été trouvé par M. Payen (1) dans le melon cantaloup, dont il forme

(1) Journ. de chim. méd., 1827.

0,015 de son poids, et qu'il dit simplement cristallisable.

3°. Le sucre liquide accompagne les deux précédens, et se trouve après leur cristallisation. Il existe seul dans certaines graminées, telles que le maïs, ou dans certains fruits, tels que les coings, les pommes et les azeroles. On le trouve aussi seul ou mélangé dans quelques miels, et probablement dans les nectars. Quelques chimistes l'ont considéré, les uns, comme du sucre cristallisable mélangé avec de la gomme qui l'empêche de cristalliser; les autres, comme du sucre mêlé avec de l'acide malique ou d'autres matières, et qui n'a pas reçu l'élaboration organique suffisante pour cristalliser : ainsi les châtaignes, qui fournissent dans le Midi jusqu'à 14 p. 0/0 de sucre cristallisable, n'en donnent pas dans les pays les plus septentrionaux. La canne à sucre, cultivée dans les serres tempérées, donne très-peu de sucre cristallisable, comparée à celle des pays équatoriaux. La comparaison des figues et des raisins mûris dans des pays chauds et tempérés donne les mêmes résultats. On pourrait donc admettre qu'il n'existe réellement (en laissant de côté le sucre de champignons et la manne, dont nous parlerons ailleurs), qu'il n'existe, dis-je, que deux espèces de sucre : celui de canne, qui contient peu d'eau ou plus de carbone, et celui de raisin, qui contient une plus grande quantité d'eau ou plus petite de carbone, et que chacun d'eux peut se présenter ou à un état de cristallisation ou à l'état liquide, selon que l'élaboration en a eu lieu d'une manière complète ou imparfaite.

Sauf quelques fruits où le sucre s'effleurit sous forme cristalline, cette matière se présente dans les cellules du végétal à l'état liquide, et il est même digne de remarque

qu'elle s'y développe et s'y détruit avec une singulière facilité. Ainsi plusieurs graines, telles que les pois, renferment avant leur maturité une matière sucrée, qui se transforme en amidon à la maturité, et cet amidon redevient matière sucrée à la germination. Plusieurs autres graines germantes offrent des transformations analogues, et les chimistes sont aussi parvenus à transformer l'amidon en sucre, mais n'ont pu encore avec le sucre reproduire l'amidon; ce qui fournit un argument en faveur de ceux qui pensent que le tégument de la fécule est une membrane organique. La maturation des fruits offre des transformations analogues: les tiges de la canne à sucre, qui contiennent une si grande quantité de sucre avant la fleuraison, en contiennent beaucoup moins, dès que celle-ci a commencé; et, dans la culture de la betterave, on sait que la quantité de matière sucrée varie beaucoup selon les époques où on l'extrait et les terrains où elle a cru. On sait qu'arrachée trop tard, elle ne donne presque plus de sucre, et c'est pourquoi, quand on n'extirpait les betteraves du midi de la France qu'à la même époque où on a coutume de le faire dans le nord, on n'obtenait aucun produit (1), tandis qu'en faisant cette extirpation deux mois plus tôt, on en obtient 3 1/2 à 4 p. 0/0 de leur poids.

Le sucre offre ceci de remarquable, qu'il semble moins homogène dans sa composition que la plupart des autres matières neutres. C'est ce qui résulte du beau travail de M. W. Prout sur les matières sucrées (2). Non-seulement ils contiennent, comme tous les sucs extraits par

---

(1) Chaptal, Chim. agr., II, p. 395.

(2) Journ. de pharm., 1829, p. 229.

compression, diverses matières qui paraissent étrangères à leur composition réelle; mais, réduits au plus haut degré de pureté et de dessiccation, ils offrent des différences dont, d'après les analyses de M. W. Prout, on peut présenter le tableau comme suit :

	Carbone.	Eau.	MOYENNE APPROXIM. Carbone.	Eau.
Sucre de canne candi. . . .	42,85	57,15		
des Indes orientales . .	41,90	58,10		
de canne raffiné . . .	42,20	57,80	42	58
d'érable.	42,10	57,90		
de betterave	42,10	57,90		
de miel	36,36	63,63		
d'amidon	36,20	63,80	37	63
de raisin (Th. de Sauss).	36,71	63,29		
de manne	38,70	61,30		

D'où l'on voit que les sucres de miel, d'amidon, de raisin et de manne, sembleraient des hydrates de sucre. En général, la grande cause de l'incertitude qui règne encore sur l'analyse de ces matériaux hydrocarbonés des végétaux, tient à la quantité d'eau qui peut se mêler ou se combiner avec ceux-ci, et à l'extrême difficulté de distinguer l'eau mêlée de l'eau combinée.

Davy admet comme probable que la matière saccharine est produite pendant l'absence de la lumière; mais je ne trouve pas que les faits confirment pleinement cette opinion, et je présume que la lumière n'a ici qu'un effet médiat. On n'en trouve presque pas, il est vrai, dans les plantes étiolées; mais cette absence du sucre y est conforme à l'absence de tous les produits élaborés. Le sucre se retrouve tout formé dans un grand nombre de racines hors de l'influence de la lumière, et d'un autre côté les phénomènes de la maturation des fruits montrent que le

sucre s'y forme d'autant mieux, qu'ils sont plus exposés au soleil.

§. 5. De la Lignine.

La lignine est appelée *ligneux* par Fourcroy, ou *bois* par Thompson; mais comme ces deux termes peuvent faire équivoque avec le corps ligneux ou le bois, dont elle n'est qu'une portion, il m'a paru convenable (1) de modifier un peu le terme primitif. C'est la matière formée ou déposée dans les cellules oblongues du corps ligneux (les clostres de Dutrochet), et qui contribue ou par sa nature ou par sa quantité à donner aux bois toutes leurs principales qualités sensibles. Elle est insoluble à l'eau et à l'alcool, et soluble dans les lessives alcalines faibles. Les chimistes l'obtiennent en faisant bouillir de la sciure de bois, d'abord avec de l'alcool pour en séparer les parties résineuses, puis dans de l'eau pour dissoudre les matières extractives ou salines, puis avec l'acide hydrochlorique faible pour attaquer les sels insolubles, et une seconde fois avec de l'eau pour enlever l'acide qui pourrait rester adhérent. La lignine, ainsi préparée, forme environ 0,96 du bois, supposé entièrement dépouillé d'eau et d'air. Elle est solide, d'un blanc sale, insipide, inodore, et spécifiquement plus pesante que l'eau. L'acide sulfurique la convertit en gomme et en sucre de raisin; l'acide nitrique la change en acide oxalique; les alcalis concentrés, en ulmine. En la brûlant, soit avec le chlorate de potasse, soit avec le deutoxide de cuivre, on a obtenu de divers bois les résultats suivans :

---

(1) Théor. élém., édit. 1, p. 417.

COMPARAISON DES LIGNINES.

I. *Bois des Dicotylédones ou Exogènes.*

	Chêne, selon Gay-Lussac et Thénard.	Hêtre, selon Gay-Lnssac et Thénard.	Bois de fer, selon Gay-Lnss. et Thénard.	Buis, selon W. Prout.	Cormonna, selon Gay-Luss. et Thénard.	Saule, selon W. Prout.
	—	—	—	—	—	—
Carbone	52,53	51,45	53,44	50,00	55,..	49,80
Eau (ou ses élémens).	47,47	48,55	46,56	50,00	45,..	50,20

II. *Écorces des Dicotylédones ou Exogènes.*

	Chêne, selon Gay-Lussac et Thénard.	Hêtre, selon Gay-Lussac et Thénard.	Bouleau, selon Gay-Lussac et Thénard.	Liége, selon Chevreul.		
	—	—	—	—		
Carbone	51,04	52,22	62,12	64,94		
Eau (ou ses élémens).	49,96	47,78	34,00	30,92		
Hydrogène excédant.	0.,..	0.,..	2,88	4,06		

III. *Tiges des Monocotylédones ou Endogènes.*

	Moelle de Palmier, selon Gay-Lus. et Thén.	Paille, selon Gay-Lussac et Thénard.				
	—	—				
Carbone	51,56	52,..				
Eau (ou ses élémens).	48,44	48,..				

13

Il résulte de ces faits que la moyenne des diverses lignines est de 52 de carbone et 48 d'eau selon MM. Gay-Lussac et Thénard, ou de 50 de carbone et de 50 d'eau selon M. Prout. L'hydrogène excédant observé dans les écorces de bouleau, de sapin, et peut-être de liége, semble tenir aux matières résineuses qui y sont habituellement mélangées.

Il faut remarquer que sous le nom de lignine ou de ligneux, les chimistes confondent deux matières physiologiques distinctes : 1° les membranes végétales qui forment les parois des cellules et des vaisseaux, et que M. Raspail (1) (sans en donner la preuve), croit composées de gomme et de chaux; 2° les matières ligneuses qui s'y déposent en plus ou moins grande quantité par l'acte de la végétation. Ces deux matières sont-elles identiques ou diverses dans leur composition? C'est ce qu'on ignore. M. Dutrochet remarque que les membranes sont toujours transparentes, et, autant qu'on en peut juger, identiques avec elles-mêmes, et que toutes les différences d'un bois à l'autre, tiennent aux matières déposées. Mais ces matières diffèrent-elles seulement par des mélanges de substances (qu'on enlève par les menstrues, dont on se sert pour préparer le ligneux), ou diffèrent-elles par leur nature intime? C'est encore ce qu'on ne peut affirmer. La légère différence observée entre le chêne et le hêtre, dans l'expérience citée tout à l'heure, pourrait faire croire que la lignine de différens arbres est différente, tandis que les expériences de Prout, déjà citées, et celles de Rumford, tendraient à faire pen-

(1) Journ. des sc. d'obs., II, p. 415.

ser qu'elle est identique. Ce dernier physicien (1) a pris des quantités égales de diverses espèces de bois bien sec; il les a encore séchés pendant deux heures dans une étuve chauffée à 94 degrés de Réaumur, puis, en les pesant dans l'eau, il a obtenu leur pesanteur spécifique, et le poids d'un pouce cube de leur partie solide, savoir :

	Pesant. spéc.	Poids d'un pouce cube des parties solides.
Erable	14,599	28,95 gram.
Sapin	14,621	28,96
Tilleul	14,846	29,40
Bouleau	14,848	29,44
Peuplier	14,854	29,45
Orme	15,186	30,11
Hêtre	15,284	30,30
Chêne	15,344	30,42
Eau	10,000	19,83

Ces expériences peuvent présenter une très-légère cause d'erreur en ceci, que les copeaux placés deux heures dans l'étuve, ont dû, d'après les expériences mêmes de Rumford, perdre une petite portion de carbone, qui s'est combinée à l'oxigène de l'air. Mais en négligeant cette quantité minime, on voit ici, comme dans l'analyse de Gay-Lussac et Thénard, non l'identité absolue des bois, mais la preuve que la différence de leurs matières solides, comparées entre elles, est beau-

(1) Mém. sur le bois et le charbon, p. 15.

coup moins grande qu'on ne pourrait le croire d'après les expériences journalières qui résultent de leur emploi habituel.

Il serait à désirer, pour l'étude détaillée de l'histoire des corps ligneux, que l'analyse de la lignine par l'oxide de cuivre fût étendue à un grand nombre d'arbres, et poursuivie dans divers états de leur végétation, et dans différens organes des mêmes espèces. Avant de quitter ce sujet (sur lequel je reviendrai dans le chapitre X du livre IV, en parlant de la consistance des végétaux), j'indiquerai ici quelques points de doute à résoudre par l'expérience.

1°. On admet en général, en chimie, que les fibres de l'écorce de lin ou de chanvre, par exemple, sont de nature identique avec celles du bois. Il serait utile de constater si cette identité est aussi réelle qu'on le suppose : la structure et le rôle physiologique pourraient en faire douter.

2°. La *subérine* de Chevreul (1) paraît être le tissu même de l'enveloppe cellulaire, réduite par la vétusté au plus haut degré de pureté, soit dans le liége, soit dans la plupart des épidermes des dicotylédones. Elle diffère des autres produits par la faculté de former de l'acide subérique; mais cette enveloppe cellulaire différait peu ou point de la lignine, lorsqu'elle était à l'état de couches corticales. Il serait utile de suivre cette dégénérescence de l'écorce, et de comparer la subérine avec la lignine corticale.

3°. La *médulline* ou le tissu cellulaire de la moelle des

(1) Dict. des sc. nat., 26, p. 293.

plusieurs dicotylédones, telles que l'hélianthe et le lilas, diffère de la subérine, en ce qu'elle forme de l'acide oxalique, au lieu d'acide subérique, lorsqu'on la dissout dans l'acide nitrique. Il est probable que la moelle de sureau se rapporte ici, quoique M. Link la rapproche de la subérine. Ce tissu mériterait ausssi d'être analysé, en le comparant d'un côté avec la subérine, de l'autre avec la lignine.

4°. Les fibres ligneuses des endogènes, telles, par exemple, que la filasse de l'*agave americana*, et celle du *phormium tenax*, n'ont pas été analysées; il serait curieux de savoir si elles sont composées d'une lignine semblable à celle du corps ligneux, ou à celle de l'écorce des exogènes.

5°. L'enveloppe cellulaire de certains endogènes ressemble tellement au liége, qu'on pourrait croire qu'elle donne les mêmes produits; telles sont en particulier les excroissances prismatiques et spongieuses qui se trouvent sur la souche des vieux *testudinaria elephantipes*. J'ai prié M. Ant. Morin de les analyser sous ce rapport, et ce chimiste a reconnu que cette matière, traitée par l'acide nitrique, se conduit comme la lignine du bois et du papier, et non comme le liége, c'est-à-dire, qu'elle forme de l'acide oxalique et non de l'acide subérique; elle fournit, de plus, une matière résineuse et une matière jaune amère. M. Morin la regarde comme très-analogue à la médulline. Il a reconnu, à cette occasion, que le papier donne, non de l'acide subérique, comme l'avait cru Brugnatelli, mais, outre de l'acide oxalique, des cristaux blancs et soyeux, qui sont un mélange d'oxalate et de sulfate de chaux.

6°. Le *coton* a été considéré par Thompson comme

une matière spéciale, distincte de la lignine, parce que, traitée par l'acide nitrique, elle ne donne que de l'acide oxalique : il faudrait savoir si elle offre réellement des élémens différens. Les fils du coton semblent des poils réduits à la membrane des cellules dépouillée de presque toute matière étrangère. Les autres poils scarieux et les membranes scarieuses offrent-elles la même nature ? Si l'on parvenait à séparer dans la lignine la membrane propre des cellules d'avec les dépôts qui l'encroûtent, cette membrane ne serait-elle point identique avec la plupart des matières désignées ci-dessus ?

7°. La *fungine*, observée par M. Braconnot dans les champignons, semble y tenir la place que la lignine occupe dans les végétaux vasculaires ; mais l'acide nitrique affaibli en dégage de l'azote (1) et quelques matières azotées. Malgré cette différence, quelques chimistes, et Thompson en particulier, lui trouvent tant d'analogie avec la lignine, que peut-être, disent-ils, il conviendrait de l'y réunir comme simple variété.

Je laisse de côté, dans cet aperçu de l'histoire chimique du bois, tout ce qui tient au produit de sa distillation, opération dans laquelle il se développe, selon Berzélius (2), 1° de l'huile empyreumatique, composée elle-même d'un principe huileux volatil (la pyrélaïne), et un résineux (la pyrrétine) ; 2° un liquide aqueux ; 3° des gaz ; et 4° du charbon. Cette altération du bois par la combustion intéresse la chimie et la technologie, mais non la physiologie.

(1) Ferrussac, Bull. des sc. chim., X, p. 224.

(2) Fourcroy et Vauquelin ont retiré du bois 867/1000es,

§. 6. Considérations générales déduites des paragraphes précédens.

Si nous réunissons les faits partiels cités dans les articles précédens avec ceux qui sont déjà connus, quant à l'ascension de la sève, à son élaboration dans les feuilles et à l'accroissement des troncs, nous pourrons espérer d'atteindre à quelque degré de probabilité sur la nutrition végétale.

La sève ascendante s'élève vers les parties foliacées chargée essentiellement (et en laissant de côté les matières terreuses, dont nous parlerons plus tard) d'acide carbonique, ou de matières susceptibles de se changer en acide carbonique; elle perd par l'exhalaison une très-grande partie de l'eau qu'elle contient, et, par la décomposition du gaz acide carbonique, elle perd une grande quantité d'oxigène, et se trouve réduite à du carbone.

Cette sève se trouve donc dans une proportion d'élémens très-analogues à la gomme, savoir, de l'eau et du carbone.

Cette gomme, dissoute dans l'eau de végétation, doit s'écouler par les méats intercellulaires, soit dans l'écorce, soit dans le bois, dès que les causes qui déterminent l'ascension rapide de la sève pendant le jour cessent d'avoir lieu; c'est ce qui forme la sève descendante. Celle qui découle le long de l'écorce, ne rencontrant point de sève ascendante, peut aller sans obstacles jusqu'aux racines. Celle qui découle dans le corps ligneux rencontre la sève ascendante, qui au moins, pendant le jour, s'y élève avec force; l'une et l'autre, mêlées avec l'eau qui est

aspirée du corps ligneux par les rayons et l'enveloppe médullaire, servent à nourrir et à développer le cambium en couche ligneuse et corticale.

Cette gomme, dissoute dans l'eau, peut, en descendant par l'écorce, fournir d'un côté aux sécrétions qui s'y forment, de l'autre à alimenter le cambium ou ce suc demi-organisé qui contient le rudiment des nouvelles couches. La matière gommeuse, qui descend aussi par l'aubier, sert de même à alimenter le cambium ou la nouvelle couche ligneuse; c'est la gomme qui descend par l'écorce que la section annulaire arrête dans sa route, et qu'elle force ainsi à subir l'action des cellules, pour la transformer en lignine, à nourrir l'écorce et à y développer un bourrelet.

Sur toute sa route, la matière gommeuse peut être absorbée par les cellules qui ne sont pas remplies, et qui ont conservé l'action vitale : ainsi toutes les cellules de l'aubier et du liber (comme autant de petites vessies hygroscopiques) absorbent l'eau gommeuse qui les entoure; chacune d'elles l'élabore par son action propre, et peut ainsi, selon sa nature, la transformer en fécule, en sucre, en lignine, avec d'autant plus de facilité, que ces quatre matériaux diffèrent à peine, et que nous avons dans nos laboratoires mêmes la preuve qu'ils peuvent se transformer l'un dans l'autre : c'est ce qui résulte en particulier des expériences sur la conversion de la lignine et de l'amidon en sucre hydraté par l'action de l'acide sulfurique. La gomme et le sucre semblent être, dans cette série de décompositions, les deux états transitoires, et leur extrême solubilité dans l'eau les expose sans cesse à être entraînés vers les organes les plus actifs. La fécule

et la lignine sont d'une nature plus permanente. La fécule se place comme emmagasinée dans les organes qui doivent se développer ultérieurement; elle conserve la matière soluble, protégée contre l'eau par le tégument insoluble qui l'entoure. Enfin la lignine se dépose dans ceux des organes qui ont atteint le dernier terme de leur développement, ou dans les tissus mêmes des membranes végétales, et ne paraît pas de nature à être transportée de nouveau dans d'autres parties. Mais pour bien comprendre l'ensemble de ce mécanisme, il faut avoir égard à l'espèce de mélange qui s'établit nécessairement entre les sèves ascendante et descendante.

La sève ascendante, au moment où elle entre dans les racines, n'est presque que de l'eau, et elle ne semble pas très-notablement changée dans les diverses parties de sa route où on a pu l'observer. Il est à regretter que, dans les analyses des sèves d'orme, de hêtre, de bouleau, de charme et de marronier, que M. Vauquelin a données (*Expériences sur les sèves des végétaux*, in-8°, Paris, 1799), il ait négligé de comparer la sève prise à différentes hauteurs d'un même arbre, et que même il ait donné si peu de détails sur l'extraction des sèves qu'il a analysées, qu'on n'ose presque rien conclure de ce grand travail sous le rapport physiologique. M. Knight a fait à cet égard une expérience qui tend à prouver que la sève ascendante reçoit quelque addition de molécules dans sa route. Il a vu que la sève d'un *acer platanoides*, prise à fleur de terre, a une pesanteur spécifique de 1,004, qu'à la hauteur d'environ 6 pieds, cette pesanteur était de 1,008, et à celle de 12 pieds, 1,012. Ce fait indique qu'elle a reçu quelque addition de matière, et ce savant

physiologiste en a conclu l'existence de nourriture emmagasinée dans certaines parties du végétal (1). C'est évidemment par ces dépôts ou additions d'aliment que la sève ascendante peut servir à développer certains organes, surtout quand ces organes, situés au-dessus des feuilles ou naissant avant les feuilles, ne peuvent recevoir de sève descendante par son cours naturel. J'ai déjà indiqué la solution de cette question en parlant des dépôts de nourriture dans l'*Organographie* (2) ; mais je dois la reprendre ici avec quelques détails.

La sève descendante dépose sur sa route des matières élaborées là où elle trouve quelque cause de repos : ainsi on trouve fréquemment au-dessous des feuilles une petite tumeur, qu'on nomme *coussinet* (3), et qui pourrait bien contenir quelque nourriture pour le bourgeon. On trouve des tumeurs analogues au-dessus de toutes les articulations. Lorsque les feuilles sont très-rapprochées, elles forment à leur base une espèce de tumeur celluleuse pleine de nourriture, comme on le voit dans la plupart des involucres, notamment ceux des dipsacées, des composées, etc. Ce sont des dépôts de nourriture pour les fleurs futures. Les tubercules sont de même des dépôts formés par la sève descendante, et qui servent ensuite à nourrir les jeunes pousses, jusqu'à ce qu'elles puissent elles-mêmes suffire à leur nourriture. Les racines, les

(1) Philos. trans., 1809, p. 10 ; Trans. hort. soc., vol. I, p. 220.

(2) Vol. II, p. 199.

(3) Ce coussinet, développé outre mesure, est ce qui forme les tumeurs de la pomme de terre ananas.

tiges, sont, dans une foule de cas, épuisées des matières qui y étaient déposées, parce que ces matières, entraînées par la sève ascendante, se sont portées vers le haut pour nourrir les fleurs et les fruits. M. Mathieu de Dombasle (1) a en particulier très-bien exploré ce phénomène pour les plantes cultivées : il a montré que les plantes qui portent graine ne tirent pas réellement du sol une plus grande quantité de nourriture qu'à l'ordinaire; mais leur sève ascendante entraîne avec elle toute la nourriture déposée dans la tige et la racine, et la transporte dans la graine. Là, outre qu'elle nourrit l'embryon, elle se dépose ou dans l'albumen ou dans les cotylédons, et elle y reste stationnaire jusqu'à ce que la sève qui sera introduite à la germination, vienne la délayer de nouveau, et la porter dans la radicule ou dans la plumule.

M. Dutrochet (2) adopte la même opinion; il pense que « la sève élaborée, transmise à travers le tissu per» méable du végétal, se mêle à la sève ascendante pour » fournir aux bourgeons les matériaux de leur accroisse» ment, et va fournir aux vaisseaux propres les matériaux » de leur sécrétion. On sait, ajoute-t-il, que c'est au » moyen d'une diffusion semblable, d'un suc élaboré, » que s'opèrent et la nutrition et la sécrétion chez les in» sectes. »

M. Plenk admet aussi (3) ce transport des sucs déposés dans les parties inférieures; il en cite pour exemple le *sedum telephium*, dont la tige, détachée de sa racine et

(1) Ann. de Roville, vol. IV, p. 198 (1828).
(2) Rech. sur la structure, p. 36.
(3) Physiol. vég., p. 50.

suspendue en l'air, vit, fleurit et fructifie, parce que ses parties supérieures attirent à elles toute la nourriture des parties inférieures. Ce fait se voit non-seulement sur cette plante (1), mais sur une foule de plantes grasses, de plantes bulbeuses et tubéreuses.

Ainsi il faut se garder de considérer l'action des deux sèves comme trop isolée; et, quoiqu'il n'y ait pas de véritable circulation dans les végétaux, il y a un mélange continuel de la nourriture préalablement élaborée avec la sève ascendante. Il est vraisemblable que c'est dans les cellules arrondies que se forment principalement ces dépôts de matière gommeuse, sucrée ou féculente, etc. Ces cellules sont entourées et comme baignées par l'eau qui s'élève par les méats intercellulaires ou peut-être aussi par les vaisseaux. Cette eau peut dissoudre une partie de ces matières, et, en étant ainsi chargée, elle l'entraîne avec elle à une autre destination. C'est ainsi que des tubercules ou des bulbes, qui absorbent de l'eau presque pure, perdent une grande quantité de la matière solide qu'ils renfermaient, et que l'on retrouve celle-ci comme dispersée dans les nouvelles productions qui se sont développées. Les pharmaciens savent bien que l'on doit cueillir les racines et la partie inférieure des tiges avant la fleuraison, parce qu'alors la sève ascendante n'a pas encore épuisé ces organes en en tirant les matières qui y sont déposées; tout

(1) Les paysans du Jura placent des tiges de *sedum telephium* ou de *reprise*, suspendues, dans leurs chalets, et regardent comme de très-bon augure lorsqu'elles y fleurissent. C'est en effet un signe qu'il n'y a pas une trop grande quantité d'acide carbonique dans l'air de leur chambre.

le monde sait de même que le réceptacle de l'artichaut est comme vidé après la maturité des fruits.

Comment la sève ascendante, qui développe les bourgeons floraux des arbres doués de la faculté de fleurir avant d'avoir des feuilles, pourrait-elle les nourrir, sinon parce qu'elle trouve sur sa route de la nourriture déposée à l'avance, et qu'elle entraîne avec elle? Aussi n'est-ce *jamais* dans des plantes annuelles que les fleurs naissent avant les feuilles; car elles ne trouveraient point de nourriture préparée. Cela a toujours lieu ou sur des tiges ligneuses, ou plus souvent sur des plantes bulbeuses ou tubéreuses, qui présentent ainsi un grand magasin de nourriture préparée à l'avance.

Il arrive souvent que des arbres plantés au printemps développent leurs bourgeons et meurent quelque temps après, sans avoir poussé de racines. Ils ont vécu et poussé pendant cet intervalle aux dépens des matières déposées l'année précédente dans leur tissu (1). Mustel (2) arracha au mois de novembre deux jeunes peupliers d'Italie, crus dans un bon terrain, et les planta dans un mauvais sol. Ils pesaient à cette époque six livres et quelques onces. L'année suivante, il les arracha au même temps : ils avaient poussé quelques racines; mais toute leur apparence générale était celle de la souffrance. Ils ne pesaient plus que quatre livres et quelques onces : c'est que, pendant cette année, toutes les parties supérieures avaient vécu aux dépens de la nourriture accumulée dans le tronc. Il les planta alors dans un bon ter-

(1) Chaptal, Chim. ag., I, p. 232.
(2) Traité de la végét., II, p. 181.

rain. Deux ans après, ils pesaient près de neuf livres, parce qu'ils avaient fixé dans leur tissu une grande quantité de nourriture.

Les plantes parasites dépourvues de feuilles font exception à cette règle, parce qu'elles tirent d'une autre plante feuillée un suc déjà élaboré. Si, comme on peut le croire de quelques orobanches, et surtout de nos orchidées sans feuilles (*limodorum abortivum*, *ophrys nidus avis*), il est des plantes qui fleurissent sans avoir eu de feuilles, et sans être actuellement parasites : c'est qu'elles ont été parasites dans leur jeune âge; qu'alors elles ont aspiré de la sève chargée de nourriture élaborée par des feuilles; qu'elles l'ont conservée en dépôt dans leur partie inférieure, et leur propre sève l'a ensuite entraînée dans leurs fleurs et dans leurs fruits.

Dans les végétaux qui ont deux sortes de bourgeons, les uns à fleurs, les autres à feuilles, il peut arriver que ceux à fleurs naissent les premiers (*gemmæ proterantheæ*), ou avec les autres (*synantheæ*), ou après eux (*hysterantheæ*). Les fleurs de la première sorte se nomment aussi *preciæ*, et les anciens les désignaient sous le nom bizarre de *filius ante patrem*, par exemple, le tussilage, l'amandier. Dans les deux premiers cas, les fleurs sont développées et nourries évidemment par la nourriture accumulée, dès l'année précédente, dans ou près la base du bourgeon. Dans le troisième, elles sont nourries, soit par cette sève, soit par celle que leurs propres feuilles peuvent leur fournir. Il en est de même des bourgeons mixtes, ou qui portent des fleurs et des feuilles.

Nous trouverons encore des preuves de détails en faveur de ce transport de nourriture, dans la manière

dont, à la maturation, les placentas sont comme vidés par l'action des graines, et à la germination, les albumens le sont par celle des embryons, et les cotylédons charnus par l'alimentation des radicules. Nous voyons de même la moelle dépouillée de ses sucs par l'action des jeunes pousses, et les racines vivaces servir évidemment à nourrir les tiges nouvelles. Je ne citerai qu'un exemple de ce dernier fait, parce qu'il est frappant, et qu'il repose sur une culture où il est facile à vérifier : c'est celui tiré de la végétation des asperges de nos jardins. Pendant la première année, l'eau de la sève traverse les racines, arrive aux parties foliacées, s'y élabore, et redescend, sous forme de suc nourricier, se placer dans les racines; celles-ci grossissent, et, l'année suivante, donnent naissance à des turions mieux nourris, parce que la sève ascendante, en traversant ces racines, se charge d'une partie des molécules alimentaires qui y étaient en dépôt. Si on coupe les turions trop tôt, ou en trop grande quantité, on retranche les organes foliacés, et les racines reçoivent moins de nourriture. L'année suivante, les turions qui poussent sont plus faibles et moins nombreux. Cette théorie, que la pratique des jardins rend claire pour l'asperge, est celle de la végétation de toutes les plantes dites vivaces.

Les agriculteurs savent depuis long-temps que les herbes trop broutées en automne donnent des pousses moins vigoureuses au printemps, parce qu'il s'est accumulé moins de matière nutritive dans leurs racines.

Dans les arbres, la tige entière joue le même rôle que les racines des plantes vivaces; aussi voyons-nous que le bois est plus pesant, plus chargé de matières en hiver qu'en été.

Les plantes herbacées sont annuelles, lorsque leurs racines ou leurs tiges ne peuvent se remplir d'une suffisante quantité de nourriture, parce que les fleurs se développent en grand nombre la première année, et absorbent vers la fin de l'été la nourriture déposée par la végétation : aussi peut-on, en général, retarder la mort des plantes annuelles, lorsqu'on parvient, par quelque artifice qui ne nuise pas d'ailleurs à leur santé, à les empêcher de fleurir, ou tout au moins de porter des graines.

Les plantes bisannuelles sont celles qui, pendant toute la première année, déposent des sucs nourriciers dans leurs parties inférieures, puis qui l'année suivante poussent un nombre assez considérable de fleurs et de fruits pour s'emparer de cette nourriture accumulée, au point d'épuiser totalement le dépôt, et d'affamer les parties inférieures. Dans quelques plantes, cette seconde période arrive au bout seulement de plusieurs années, comme on le voit dans les agavés; et pour que la fleuraison de ces plantes tue la racine, il faut qu'elle soit d'autant plus abondante, que le dépôt de nourriture a été plus considérable. La rapidité extraordinaire du développement de ces plantes tient à ce qu'elles n'ont point à élaborer alors leur sève toute crue, mais simplement à porter sur les fleurs et les fruits une nourriture préparée depuis longtemps.

Ainsi, toutes les parties ascendantes des végétaux sont développées par la sève qui s'élève des racines le long du corps ligneux : cette sève arrive ordinairement crue, ou sans élaboration sensible, aux organes foliacés, qui ont la charge de la changer en suc nourricier. Dans certains cas, au contraire, et notamment lorsqu'elle tend vers un

organe fructificateur, elle trouve vers la base de cet organe une masse de tissu cellulaire arrondi; là, son mouvement se ralentit : elle délaye ou dissout les matières solubles contenues dans les cellules qu'elle baigne; et lorsqu'elle est aspirée dans la fleur ou le fruit, le turion ou le bourgeon, elle n'y arrive plus à l'état d'eau presque pure, mais à l'état d'eau chargée de matières alimentaires.

Cet effet peut se produire, ou par le délayement dans l'eau des matières gommeuses sucrées ou farineuses contenues sous forme solide dans les cellules, ou par le mélange avec l'eau des sucs qui découlent de la partie supérieure, ou qui sont sécrétés dans certaines places par le suc nourricier.

CHAPITRE VIII.

Des Sucs sécrétés en général.

Le sang des animaux remplit deux offices distincts : 1° il dépose dans tout le corps les matériaux nécessaires à la nutrition des organes; 2° il subit dans certains organes spéciaux, nommés *glandes*, une opération qu'on appelle *sécrétion*, de laquelle il résulte la formation de certains sucs particuliers.

Nous avons, dans le chapitre précédent, essayé de montrer que les matières gommeuses élaborées dans les feuilles ou les organes foliacés de l'écorce, remplissent le premier de ces offices, en se modifiant légèrement, de manière à former la fécule, le sucre et la lignine. Tâchons de démêler si les végétaux présentent aussi des sécrétions possibles à reconnaître.

Les zoologistes ayant à étudier des êtres où les organes glandulaires sont très-apparens, connaissent bien leur position et leur structure; ils peuvent suivre avec facilité la route des sucs sécrétés, les isoler de tout autre, et les soumettre à des analyses régulières. Malgré ces facilités, ils conviennent que les sécrétions sont l'un des phénomènes les plus obscurs de la physiologie. Combien cette conclusion n'est-elle pas plus juste encore, quand il s'agit du règne végétal ! Les organes glandulaires y sont petits, peu apparens, et leur structure intime est à peine connue; les sucs sont souvent très-difficiles à séparer des

matières qui les entourent, de sorte que les analyses offrent presque toutes plus ou moins d'ambiguité.

Observons d'abord que, dans le sens strict du mot *sécrétion*, qui veut dire *choix*, tout dépôt de nourriture mériterait d'être considéré comme tel. Ainsi, dans les animaux, la matière déposée par le sang dans la chair musculaire, par exemple, ou dans les os, est tout aussi bien le résultat d'un choix, que celle qui est extraite du sang par les reins ou les glandes salivaires. C'est donc un peu arbitrairement qu'on a réservé le terme de sécrétion pour celles qui sont opérées par des glandes. Il est des cas où l'on est dans le doute sur l'expression qu'on doit employer : ainsi, la matière pierreuse, formée par le moignon pulpeux du fond de l'alvéole dentaire, est souvent considérée comme une sécrétion, quoique ce moignon ne soit pas une vraie glande. La couche calcaire transsudée par le manteau des mollusques, le corps muqueux qui colore la peau des vertébrés, etc., sont bien aussi des sortes de sécrétions, quoique les corps qui les fournissent ne soient pas des glandes. Dans ce sens général, le mot de sécrétion sert seulement à désigner l'acte par lequel une surface quelconque d'un corps organisé forme ou transsude une matière spéciale, et qui n'est pas semblable à ce dépôt homogène et plus universel qui constitue la nutrition des organes.

En appliquant ces considérations au règne végétal, on pourrait dire que l'acte par lequel une cellule forme du sucre, est aussi bien une sécrétion vitale que celui par lequel une autre cellule forme de la résine ou de l'huile volatile. Mais nous ne lui donnons pas ce nom, parce que le sucre, la fécule, la lignine et la gomme sont

quatre matières si universellement répandues dans les végétaux et dans la plupart de leurs organes, que nous pouvons les considérer comme constituant la nutrition proprement dite; tous les autres produits étant plus ou moins spéciaux, ou à certaines plantes, ou à certains organes, nous pouvons les assimiler aux sécrétions animales prises dans le sens très-vaste que j'ai indiqué tout à l'heure.

Ces produits peuvent se diviser en plusieurs classes générales, qu'il est possible d'indiquer en théorie, mais auxquelles, dans chaque cas particulier, il est difficile de rapporter chacun d'eux, au moins quant au règne végétal.

1°. Il est des sucs formés par des corps évidemment glandulaires, et qui sont tout aussi évidemment destinés à être rejetés au dehors; ce sont de véritables *sécrétions excrémentitielles*, ou *excrétions* : tels sont dans les animaux l'urine ou la matière huileuse qui oint les plumes des oiseaux aquatiques; tels sont dans les végétaux le nectar ou le suc sécrété qui se trouve dans la cavité située à la base du poil de l'ortie.

2°. Il est d'autres sucs aussi formés par des corps glandulaires, mais qui sont destinés à rester dans le corps, ou qui ne sortent qu'accessoirement ou accidentellement: tels sont dans les animaux la bile et la salive; tels sont dans les végétaux l'huile volatile ou les sucs résineux.

3°. Enfin, il est des sucs spéciaux produits par des organes où nous ne connaissons pas la structure glandulaire, mais que nous rapprochons des sécrétions à raison de leur nature, propre à certains êtres, et non commune à une grande partie du règne : tels sont dans les animaux

la mucosité qui colore la peau, la sécrétion de la matière dentaire, des coquilles, des mollusques, ou de la croûte des œufs; tels sont dans les végétaux une foule de produits spéciaux dont l'origine est peu ou point connue, et dont nous ne pouvons démêler le véritable rôle. Essayons de faire comprendre la difficulté réelle de cette appréciation.

Si je me suis fait une idée juste de la structure végétale, chaque cellule peut être considérée sous ce rapport comme une vésicule organique et vivante qui est entourée ou de cavités dans lesquelles abordent des liquides ou de cellules remplies elles-mêmes de liquides. Dans l'un et l'autre cas, mais surtout dans le premier, cette vésicule, par sa vitalité propre, absorbe une partie du fluide qui l'entoure; ce fluide est ou de l'eau presque pure, et alors elle en est simplement imprégnée et lubréfiée; ou de l'eau plus ou moins chargée de cette matière gommeuse, élaborée dans les feuilles, et d'autres matières alimentaires qui peuvent se trouver portées avec la sève dans les diverses parties. La vésicule qui l'a absorbée lui fait subir une action déterminée d'après sa propre nature, et cette action modifie les matériaux contenus dans la cellule, de manière à en faire ou l'une des matières communes que nous avons considérées dans le chapitre précédent, ou l'une des matières que nous aurons bientôt à examiner, telles que les huiles volatiles, les résines, etc. Certains vaisseaux analogues à la nature des cellules jouent le même rôle sous ce rapport. Il y a quelque probabilité que les mouvemens remarquables des molécules qu'on a observés, soit dans les cellules, soit dans certains vaisseaux, sont liés à ce

grand phénomène des sécrétions. Les matières ainsi localement élaborées peuvent, ou rester dans les cellules ou les vaisseaux qui leur ont donné naissance, ou s'extravaser au dehors, et donner lieu, soit à des excrétions, soit à des transports de matières d'une partie à l'autre du tissu : ces deux opérations peuvent avoir lieu ou régulièrement, ou accidentellement.

Tous ceux de ces sucs qui ne sont pas évidemment et habituellement excrétés au dehors, et qui sont assez abondans pour remplir certaines cavités, ont reçu collectivement le nom de *sucs propres*. On a voulu indiquer par ce terme, que, tandis que la lymphe ou la sève ascendante était sensiblement de même nature dans toutes les plantes, ces sucs avaient chacun leur nature qui leur était propre. Ces sucs paraissent être sécrétés dans les parties foliacées ou corticales par des cellules ou membranes de nature apparemment glandulaire ; à mesure qu'ils sont élaborés, ils remplissent ces cellules, ou, lorsqu'ils sont abondans, s'extravasent au dehors et se frayent à eux-mêmes des routes diverses dans le végétal, en comprimant les cellules voisines, et en formant ainsi des espèces de sacs tubuleux dont les parois sont plus épaisses que les membranes ordinaires, parce qu'elles sont formées par le tassement de plusieurs membranes, à peu près comme le sac que se forment les anévrismes enkystés des animaux. Dans le premier cas, les sucs sécrétés sont comme stationnaires ; dans le second, ils découlent lentement de haut en bas dans le tissu du végétal.

Outre la spécialité propre à tous les sucs que nous réunissons ici sous la classe des sucs sécrétés, ils pré-

sentent deux autres caractères généraux qui nous ont décidé, dans certains cas, à rapporter à cette classe telle ou telle matière dont l'origine est ambiguë. Ces caractères sont :

1°. Qu'au lieu d'être composés de carbone et d'eau, ou des élémens de l'eau dans la proportion voulue pour composer ce liquide, ils offrent toujours ou de l'hydrogène, ou plus rarement de l'oxigène en excès, et plusieurs d'entre eux sont assez notablement munis d'azote. Cette composition, beaucoup plus éloignée que celle des matières hydrocarbonées de ce qui semble devoir être formé par l'action immédiate des feuilles, annonce que ces sucs sont produits par des opérations ultérieures et plus compliquées.

2°. Tous ces sucs, lorsqu'ils sont placés de manière qu'un végétal vivant puisse les absorber par ses racines, agissent avec plus ou moins d'énergie sur lui comme de véritables poisons ; et cet effet a lieu, soit lorsqu'on les fait absorber à un végétal étranger à celui qui les a produits, soit qu'on les présente au végétal même qui les a sécrétés. (*Voy.* liv. V, chap. XII, *des Empoisonnemens des végétaux.*) Cette circonstance tend à prouver que ces sucs sont très-distincts des sucs nourriciers, et doivent être renfermés dans des cavités spéciales.

Après ces considérations générales, il nous reste à passer en revue ces différens sucs. Pour atteindre à quelque clarté dans un sujet si obscur, nous suivrons l'ordre indiqué plus haut, qui a l'avantage de nous présenter en premier lieu les excrétions proprement dites, dont l'histoire est moins obscure, parce que les phénomènes en sont extérieurs; en second lieu, les sécrétions excrémen-

titielles dont l'histoire chimique offre au moins quelque base d'examen, et de rejeter au dernier rang les matières formées dans l'intérieur, et souvent mélangées avec une foule de substances diverses.

Il est sans doute inutile d'avertir ici de nouveau que ce n'est point un Traité de chimie végétale que nous écrivons, mais que nous choisissons dans les documens fournis par la chimie, ceux qui peuvent éclairer la physiologie. Je ne doute point que les uns trouveront que j'aurais dû omettre toute la partie purement chimique de cette énumération, et que d'autres penseront qu'elle aurait dû être traitée avec plus de détails encore. J'accorde ce qu'il peut y avoir de soutenable dans ces deux opinions extrêmes, entre lesquelles j'ai tâché de me maintenir. Je sais que cette partie de la chimie est, de toutes, la plus obscure; je m'attends et je dirai volontiers, j'espère que d'ici à peu d'années, l'énumération que je présente ici deviendra superflue ou surannée; mais j'ai l'opinion que, dans l'état actuel des choses, elle pourra devenir utile, comme essai de liaison entre deux sciences qui sont trop rarement réunies dans les mêmes têtes.

CHAPITRE IX.

Des Excrétions.

Nous appliquons le nom d'excrétion, non pas à toutes les matières qu'on trouve accidentellement rejetées au dehors de certains végétaux, comme on le voit souvent des gommes, des résines, ou des gommes-résines extravasées, mais nous le réservons pour celles qui suintent constamment et régulièrement de certains organes. Les excrétions accidentelles de matières résineuses ou gommeuses seront ou ont été mentionnées à l'occasion de leur état le plus ordinaire. Nous passerons rapidement en revue les vraies excrétions, non sans doute pour les énumérer toutes, mais pour en indiquer les classes, et citer les exemples principaux de chacune d'elles.

§. 1. Excrétions volatiles.

La plus singulière des excrétions végétales est celle de la fraxinelle. On sait que si à la fin d'un beau jour d'été chaud et sec, on approche une lumière de la sommité de la plante, la vapeur dont elle est entourée s'enflamme, et produit une flamme légère très-passagère, et qui ne fait aucun mal à la plante. Cette matière inflammable n'est point du gaz hydrogène, comme M. Th. de Saussure s'en est assuré, en recevant dans un ballon les vapeurs qui peuvent s'élever de la plante : il paraît que c'est une huile volatile, que la chaleur fait développer

des petites glandes qui couvrent la surface de la tige. La fraxinelle blanche, qui a moins de glandes, présente le phénomène d'une manière moins intense que la rouge.

Il est vraisemblable que l'origine de plusieurs odeurs est analogue à l'excrétion volatile de la fraxinelle; mais comme le phénomène des odeurs végétales est très-complexe, je le traiterai à part dans une autre occasion. (*Voy.* liv. IV, chap. IX, §. 1.) Je citerai seulement ici les faits suivans, comme exemples d'excrétions volatiles remarquables.

M. Chevallier (*Ann. sc. nat.* I, p. 444) avait dit avec M. Lassaigne, qu'il existe du sous-carbonate d'ammoniaque dans le *chenopodium vulvaria*; il a recueilli la vapeur de cette plante par un entonnoir communiquant avec de l'acide hydrochlorique. Le gaz a produit des vapeurs blanches, qui étaient de l'hydrochlorate d'ammoniaque libre pendant sa végétation. MM. Chevallier et Boullay ont vu le même fait sur plusieurs fleurs, même celles dont l'odeur est agréable. M. Sprengel (1) assure que les plantes maritimes exhalent du chlore, principalement pendant la nuit. Celui qui est exhalé quand le soleil est sur l'horizon est changé aussitôt en acide hydrochlorique. Je cite ces faits ponr attirer sur eux l'attention des savans, mais sans en connaître assez les détails pour les garantir.

---

(1) *Karstner Archiv.*, VII, p. 161; Bull. des sc. chim., X, p. 169.

§. 2. Excrétions acides.

Qoique les acides soient, comme nous le verrons plus tard, très-fréquens dans les végétaux, il est rare qu'ils soient excrétés par eux. On n'en connaît qu'un petit nombre d'exemples : ainsi on sait que les glandes qui terminent les poils du *cicer arietinum* ou pois chiche suintent une liqueur acide, qu'on a cru quelque temps être un acide particulier (acide cicérique), mais que les chimistes considèrent aujourd'hui comme un mélange d'acide malique avec de l'acide oxalique et acétique, selon Vauquelin et Déyeux, et seulement avec de l'acide acétique selon Dulong (1).

Les baies du *rhus typhinum* et quelques espèces analogues appelées *vinaigriers* en français, et d'un nom analogue dans les autres langues, exhalent une odeur acide très-prononcée. Celles du *rhus glabrum* ont été examinées par M. Cozzens (2), il a trouvé que la liqueur acide réside essentiellement à la surface, et dans (ou sur) les poils qui la recouvrent; que cet acide est de l'acide malique presque pur, tandis que la baie même paraît contenir un peu d'acide gallique.

Les feuilles du *rosa rubiginosa* exhalent aussi par leurs glandes une odeur légèrement acidule.

On retrouve un acide bien développé dans la pulpe des fruits du tamarin, que nous mentionnerons plus tard.

Je pense que c'est à quelque excrétion acide qu'est

---

(1) Journ. pharm., 1826, p. 111.

(1) *Annals of Lyc. New-Yorck*, I, p. 43.

dû le singulier phénomène que présente le *patellaria immersa* et quelques autres lichens. Les scutelles de ces végétaux s'enfoncent sous la pierre calcaire à mesure qu'elles avancent en âge, à peu près comme certains vers marins pénètrent dans les pierres. On ne peut attribuer l'enfoncement des scutelles de lichens à aucun frottement, et il est très-plausible d'admettre, comme M. Fleuriau de Bellevue l'a établi pour les vers marins, que c'est une liqueur composée d'acide (probablement oxalique) excrétée par la plante, qui décompose le carbonate de chaux et détermine l'enfoncement du lichen. On remarque, en effet, que quand ces mêmes lichens rencontrent une veine de pierre de nature différente, ils ne s'y enfoncent pas.

Serait-ce par quelque excrétion analogue qu'un grand nombre de lichens et même d'algues adhèrent aux rochers calcaires sans être munis de véritables crampons?

M. Plenk assure que le *boletus suberosus* transsude un suc légèrement acide qui, exposé à l'air, se cristallise en acide saccharique très-pur.

§. 3. Excrétions caustiques.

Il est quelques végétaux dont les feuilles sont munies de glandes creuses, qui sont remplies d'une liqueur caustique; cette glande est surmontée par un poil qui sert de conduit excréteur. Cet appareil est désigné dans l'organographie sous le nom de *poils excrétoires* (I. p. 103); telles sont les glandes de l'ortie, du *jatropha urens*, du *malpighia urens*, etc. Lorsqu'on presse le poil, sa base réagit sur la glande; le liquide sort en suivant le canal

que le poil lui présente, et va se verser dans le corps qui a pressé le poil; si ce corps est mou, il reçoit cette liqueur caustique, et on connaît la sensation qu'elle fait éprouver pour peu qu'on ait imprudemment touché des orties. Il est des espèces où les poils sont assez gros pour que ce mécanisme soit visible à l'œil; il est difficile de n'y pas voir une défense pour la plante qui en est munie, et de n'être pas frappé des rapports de cette structure avec celle des dents à venin des serpens. Au reste, après la mort de la feuille la sécrétion cesse et l'ortie peut impunément être touchée; quand les poils sont mouillés, ils plient au lieu de presser la glande, et la piqûre n'a pas lieu.

La chimie n'a point encore fait connaître la nature de ces excrétions caustiques des glandes munies de poils excréteurs. La similitude des phénomènes qu'elles présentent dans des plantes, d'ailleurs très-dissemblables, peut faire penser qu'on trouvera dans toutes quelque principe identique ou analogue. Mon fils a reconnu que le suc des glandes de l'ortie verdit le sirop de violette, et contient par conséquent quelque matière alcaline. J'indique cette analyse aux chimistes, en les invitant à faire comparativement celle des liqueurs des glandes des malpighies brûlantes et du *jatropha urens*. J'ai jadis expérimenté que si l'on se pique avec les poils de cette dernière plante, il en résulte promptement sur la peau une vésicule pleine de suc; si on prend ce suc récemment formé et qu'on se l'inocule, on peut faire naître une seconde vésicule semblable à la première, soit parce qu'il y reste mêlée une quantité suffisante du venin du jatropha, soit parce que le suc animal formé par celui-ci participe de sa nature âcre.

§. 4. Excrétions diverses des glandes et des poils.

Dans un très-grand nombre de plantes, les poils sont terminés par des glandes arrondies qui suintent une humeur gluante (1), mais dont la nature et les propriétés ont été rarement explorées : c'est ainsi, par exemple, que les poils simples ou rameux de plusieurs crotons et jatropha suintent une humeur très-visible. Le *tristegis glutinosa* est remarquable parmi les graminées, par ses glandes stipitées, qui excrètent une matière gluante.

Ailleurs, on trouve des glandes sessiles qui suintent aussi des humeurs : ainsi, dans la plupart des labiées, on trouve des globules résineux, qui sortent de la surface des feuilles des labiées, et paraissent formés par des glandes. Celles qu'on trouve sur le pétiole et le bord des feuilles des rosacées, sur les pétioles communs de la plupart des mimosées, et qu'on nomme glandes à godet, suintent quelquefois une humeur sensible. On assure que les gouttelettes de résine qu'on trouve éparses sur les feuilles des pins sortent de leurs stomates, qui se rapprocheraient dans ce cas du rôle des glandes. Les feuilles et les fruits du cassis (*ribes nigrum*) sont recouverts de points résineux, qui paraissent suinter de glandes sessiles, et qui donnent à ces fruits leur odeur et leur saveur. La surface interne du calice de *physalis alkekengi* est cou-

---

(1) Je me sers de ce terme pour indiquer une matière qui est poisseuse, mais dont je ne puis dire si elle est visqueuse, c'est-à-dire insoluble à l'eau ; ou glutineuse, c'est-à-dire soluble à l'eau.

verte d'une couche de globules d'un goût très-amer, et qui semblent suinter par des glandes imperceptibles, etc.

Enfin, les poils eux-mêmes, dans certains cas, quoiqu'on n'y voie point d'organisation glandulaire bien sensible, suintent dans plusieurs plantes des matières visqueuses ou glutineuses; tels sont les poils des droséra, de plusieurs primevères, du *cerastium viscosum*, de la *salvia glutinosa*, du *cuphea viscosa*, etc., etc.

Je n'indique que les classes générales de ces sécrétions : l'énumération détaillée des cas serait inutile et fastidieuse, tant qu'on ne pourrait y joindre quelques indications sur la nature des produits.

§. 5. Excrétions gluantes des surfaces corticales ou foliacées

Un grand nombre de végétaux suintent par leurs feuilles ou leurs écorces encore vertes, des matières gluantes dont la nature chimique est peu connue, et paraît différer d'une plante à l'autre. Ces matières sont évidemment sécrétées près de la surface, sans qu'on puisse reconnaître l'organe sécréteur. Nous devons nous borner à en offrir quelques exemples, pour attirer l'attention des anatomistes sur leur origine, et celle des chimistes sur leur composition.

Sous ce dernier rapport, on peut distinguer ici deux classes dans ces matières excrétées : celles qui sont solubles à l'eau, et que M. Hayne (1) a proposé de nommer glutineuses; celles qui ne sont pas solubles à l'eau, et que le même botaniste a nommées visqueuses. Il cite

---

(1) *Termini botanici*, I, p. 6.

comme exemple de la première classe les matières produites par les primevères glutineuses; et pour la seconde, l'exsudation du *cerastium viscosum*. Cette distinction est applicable, non-seulement aux excrétions désignées dans cet article, mais encore à celles qui proviennent de poils ou glandes spéciales. Mais on conçoit que sous chacune de ces séries, il existe encore bien des matières de nature différente. Comme elles n'ont encore été analysées que rarement, et d'une manière incomplète, je me contenterai d'en citer ici quelques exemples. Presque toutes celles qui sortent des surfaces sans appareil glandulaire visible, appartiennent à la série des matières visqueuses proprement dites, ou insolubles à l'eau.

Ainsi les parties supérieures de plusieurs silènés, de quelques gypsophila, etc., offrent une exsudation très-visqueuse, en général peu abondante, et qui conserve long-temps sa viscosité après que la plante est coupée et desséchée. Les jeunes rameaux du *robinia viscosa* présentent cette exsudation gluante en quantité considérable; elle y semble formée par de très-petites glandes superficielles. Ces exsudations paraissent identiques avec une matière particulière, la *glu*, qu'on retire ordinairement par l'ébullition et la fermentation des couches intérieures moyennes de l'écorce du houx, mais qui ne suinte pas naturellement. Elle semble exister dans les baies du gui et dans celles de quelques cactées. M. La Planche, l'a indiquée dans la racine de polypode (1). La glu qui exsude des plantes est verdâtre; elle se combine avec les huiles, et forme dans l'éther une dissolution d'un

(1) *Giorn. di Fisica*, 1812; Journ. pharm., 1828, p. 336.

vert foncé; mais je n'ose insister sur ces caractères, vu que les chimistes ont plus étudié la glu artificielle que la glu naturelle (1).

Les bourgeons de plusieurs arbres sont enduits d'une matière visqueuse évidemment sécrétée par eux, et qui étant insoluble, ou peu soluble à l'eau dans son état ordinaire, sert à mettre les jeunes pousses à l'abri de l'humidité. Cette matière, qui est abondante dans le peuplier noir, a été analysée par M. Schrœder en 1804 (2). Lorsqu'on fait bouillir les bourgeons dans l'eau, ils fournissent les 0,125 de leur poids d'une matière d'un blanc jaunâtre, qui a tous les caractères d'une résine, et paraît fort analogue à la résine jaune de Botany-Bay, dont l'origine est peu connue; les bourgeons de plusieurs arbres rosacés à noyau, offrent une exsudation analogue, au moins sous le rapport physiologique. Elle est surtout très-visible dans le marronier d'Inde, où elle mériterait d'être étudiée sous le rapport chimique. Cette exsudation résineuse manque en général dans les bourgeons velus à l'extérieur; probablement les poils servent au même but en entourant les bourgeons d'une couche d'air captif, qui les abrite aussi contre l'eau.

Les feuilles, et surtout les écorces de plusieurs espèces de cistes, et notamment du *cistus creticus*, sont recouvertes d'une matière gluante connue sous le nom de

---

(1) Bouillon La Grange, Ann. de chim., 56, p. 24; Vauquelin, Ann. de chim., 28, p. 224; Thomps., Syst. chim., 4, p. 138; Thénard, Chim., 3, p. 383.

(2) Gehlen, Journ., 6, p. 598; Thomps., Syst. chim., 4, p. 156.

ladanum ou *labdanum*. On la récolte en frappant l'écorce, dans les temps humides, avec des lanières de cuir auxquelles cette matière s'attache. Elle paraît contenir une résine accompagnée d'un peu d'huile volatile, et mélangée avec 0,3 de gomme (1).

L'épiderme des jeunes pousses de bouleau laisse suinter une matière légèrement visqueuse et odorante qui embaume l'air au printemps dans les pays du nord, et qui, dit-on, communique son odeur aux cuirs tannés avec cette écorce, comme on le fait en Russie. M. Chevreul a isolé cette matière résineuse, et lui a donné le nom de *bétuline*. Par l'action du feu elle se volatilise en fumée blanche et odorante, et se sublime en aiguilles.

Les feuilles de *psiadia glutinosa*, et surtout les involucres de cette plante, avant le développement des fleurs, laissent suinter une liqueur gluante, blanchâtre, un peu odorante, qui paraît d'une nature très-particulière. Plusieurs autres composées offrent surtout vers leurs parties supérieures des exsudations gluantes dont la nature n'a pas été déterminée.

Parmi les monocotylédones, nous trouvons le *cyperus viscosus*, qui produit une viscosité sans glandes apparentes.

Parmi les végétaux cellulaires, plusieurs champignons charnus ont la surface revêtue de sucs visqueux ou glutineux, dont la nature est peu ou point connue.

---

(1) Thomps., Syst. chim., 4, p. 153.

§. 6. Excrétions cireuses.

Un grand nombre de plantes sécrètent par la surface de divers organes une matière cireuse (ou peut-être quelquefois résineuse) qui en sort à l'état liquide, mais qui se concrète à l'air, et, selon sa quantité, se présente tantôt comme une véritable couche de cire, tantôt comme une simple efflorescence grisâtre connue sous le nom de *poussière glauque*. Dans l'un et l'autre cas, cette matière, éminemment immiscible à l'eau, mais soluble à chaud dans l'alcool, ou mieux encore dans l'éther, sert évidemment à protéger contre l'humidité les surfaces qu'elle recouvre, lesquelles sont en général glabres et charnues. Les tiges des arbustes exogènes offrent quelquefois ce genre d'efflorescence : on l'observe en particulier sur les tiges du *rubus occidentalis*, et sur l'écorce de plusieurs saules; mais les exemples les plus frappans de ces excrétions caulinaires sont fournis par quelques palmiers qui présentent la sécrétion de la cire à un degré remarquable par sa quantité. Ainsi, le céroxylon, l'iriartea, ont leur tronc recouvert d'une couche de cire assez épaisse pour qu'il vaille la peine de la recueillir. Nous manquons de documens sur l'histoire de ces arbres étrangers. Il est vraisemblable que cette matière se forme dans les surfaces du bourgeon, et découle de là sur le tronc. On assure que le céroxylon en fournit aussi à la surface supérieure des feuilles (1). M. Bonastre(2) a

(1) Journ. de pharm., 1828, p. 349.
(2) *Ibid.*, p 351.

obtenu de la cire de céroxylon, qu'on nomme *cera de palma*, une matière qu'il classe dans les sous-résines, et qu'il nomme *céroxyline*. Elle est phosphorescente, et cristallise en rameaux étendus, partant de sortes de ganglions.

Nous pouvons suivre avec plus de précision l'histoire des efflorescences glauques et cireuses, qui sont beaucoup plus communes dans la nature, et surtout dans les végétaux que nous observons tous les jours. Cette poussière glauque recouvre les feuilles des choux, des mésembryanthèmes et d'une foule d'autres végétaux glabres mous ou charnus. L'un des genres où ces efflorescences sont le plus remarquables par la grosseur des grains, est celui de l'atriplex : ces grains y ont un aspect cristallin, et ont été pris pour des glandes par Guettard, qui les nommait glandes *globulaires*. L'effet le plus remarquable des poussières glauques est d'altérer la couleur du feuillage, qui devient d'autant plus gris, qu'une couche plus épaisse de poussière glauque masque mieux sa couleur verte. L'utilité de cette poussière comme défense contre l'humidité a été d'abord signalée par M. Bouchet (1), qui a vu que lorsque l'on plonge dans l'eau les organes recouverts de cette poussière, ils en ressortent sans être mouillés; la cire agit ainsi sur eux comme l'huile qui enduit les plumes du cygne et du canard, et les empêche de se mouiller. Une circonstance singulière, c'est que deux autres causes très-différentes de celle-ci ont à la fois le double résultat de rendre les feuilles grisâtres, et de les empêcher de se

(1) Journ. de physique.

mouiller, savoir : la présence de petits poils couchés et serrés, comme on le voit à la surface inférieure des feuilles de framboisier, et l'exfoliation de l'épiderme des feuilles âgées des ananas ou des pitcairnia. Dans ces deux cas, l'air retenu captif sur la feuille, ou par les poils ou par les pellicules, empêche l'eau de toucher immédiatement la feuille, comme le fait la couche de cire.

La cire se forme sur un grand nombre de feuilles sans être apparente à leur surface sous forme efflorescente; elle est assez abondante dans celle du peuplier, pour qu'on ait assuré qu'en 1770 on avait essayé en Italie une fabrication de cire tirée de cet arbre (1). Proust l'a découverte dans le pollen des fleurs et dans la fécule verte ou chromule de plusieurs plantes, et notamment dans le chou (2). M. Fauré en a trouvé 0,014 dans l'écorce du buis (3). Tingry a reconnu que la cire des feuilles a toutes les propriétés de la cire des abeilles (4). Il paraît certain que c'est cette matière effleurie ou en vernis à la surface des feuilles, qui permet à un grand nombre d'entre elles de ne pas se mouiller quand on les plonge dans l'eau.

Quelques fruits charnus offrent aussi à leur surface une excrétion analogue. Proust en a trouvé sur l'écorce de l'orange; mais l'exemple le plus connu est celui de la prune, où cette poussière glauque a particulièrement reçu le nom populaire de *fleur du fruit*. De tous les végétaux, celui où cette excrétion est la plus

(1) Thompson, Syst. de chim., 4, p. 156.
(2) Journ. de phys., 56, p. 87.
(3) Journ. pharm., 1830, p. 435.
(4) Encyclop. méth. physiol. végét., p. 100.

abondante, est le *myrica cerifera*, ou cirier de la Louisiane (1). Ses fruits sont couverts d'une couche de cire fort épaisse; on les récolte dans ce but. On les jette dans de l'eau bouillante; celle-ci fait fondre la cire qui vient flotter à la surface; on l'enlève avec une écumoire ou en décantant le vase, et on obtient ainsi une cire qui, quoique verdâtre, fait des bougies d'assez bonne qualité. On est parvenu à la blanchir avec le chlore, et à donner ainsi à ce produit une apparence plus conforme à nos habitudes. Cinq livres de fruits de myrica cultivés à Carlsruhe, ont donné, selon M. Hartweg (2), 8 onces 6 gros, soit 1/9 de leur poids en cire.

Malgré l'extrême analogie qu'on observe entre la cire excrétée par les feuilles et par les fruits, elle m'a présenté une différence physiologique que je dois mentionner. La poussière des prunes peut être enlevée plusieurs fois en les brossant doucement avant leur maturité, et à chaque fois elle se reproduit. Celle des feuilles de ficoïdes ou de cacalies une fois enlevée, ne s'est pas reproduite, et semblerait être excrétée par les feuilles seulement pendant leur jeunesse.

La cire végétale du *myrica cerifera* diffère de celle des abeilles par sa couleur verdâtre, par sa pesanteur spécifique (de 1,1150 et non 0,960 à 0,965) un peu plus forte, parce qu'elle entre plus vite en fusion (à 43° et non à 61), parce que l'éther chaud en dissout 25 et non 5 pour 100, et que la térébenthine la dissout très-

(1) Cadet, Mém. sur le cirier de la Louisiane; Ann. de chim., 44, p. 140; Bostock, dans le Journ. de Nicolson, 4, p. 130.

(2) *Mag. fur pharm.*, 1824, p. 83; Bull. sc. agr., 3, p. 175.

difficilement (1); elle contient une matière analogue à la stéarine des huiles et des graisses qui a reçu le nom de *myricine.* La myricine est une matière qui se trouve en grande abondance dans la cire de myrica, et qui existe aussi dans la cire des abeilles, où M. John en a reconnu 0,8, et MM. Boudet et Boissenot (2) 0,30. C'est une matière grasse, grisâtre, peu soluble dans l'éther, même à chaud, non saponifiable par la potasse; elle est dissoluble par l'essence de térébenthine à chaud, mais ne s'en précipite pas par le refroidissement; elle se volatilise à la chaleur sans donner d'acide gras.

La partie la plus soluble de la cire des abeilles se nomme *cérine;* elle est fusible à 62°, soluble dans l'alcool et l'eau bouillante, se saponifie aux trois quarts par la potasse, et donne de l'acide margarique lorsqu'on la distille ou qu'on la traite par l'acide nitrique. L'alcool employé pour dissoudre la cérine saponifiée ne dissout que la margarate de potasse, et laisse pour résidu une matière grasse qui, purifiée, est dure, cassante, fusible au-dessus de 70°, peu soluble dans l'alcool, plus soluble à l'éther et à l'essence de térébenthine, sans action sur les alcalis, et qui a reçu le nom de *céraïne.* Je ne sache pas que ces élémens de la cire animale aient été reconnus dans les diverses cires végétales, quoiqu'il soit probable qu'ils y existent.

Pour achever ce qui est relatif à la cire, je dirai ici qu'elle se trouve quelquefois dissoute naturellement dans certains sucs propres, tels, par exemple, que celui de

(1) Fée, Cours d'hist. nat. pharm., I. p. 120.
(2) Journ. pharm., 1827, p. 28, 38, 45; et 1829, p. 156.

l'*asclepias gigantea*, où M. Ricord-Madiana en a trouvé 12 pour 100 de son poids; ou celui de l'arbre de la vache (*galactodendron*), dont il forme en poids près de la moitié, et duquel MM. Boussingault et Rivero croient qu'il pourrait être avantageux de l'extraire (1).

On trouve aussi une sorte de cire molle en solution dans les huiles de rose et de lavande d'après Mac-Culloch. La cire a en effet beaucoup d'analogie avec l'huile; les matières végétales connues sous le nom de *beurres* semblent, d'après Thompson (2), intermédiaires entre ces deux substances.

La cire se fond dans l'eau à 62,750 centigrades, caractère par lequel elle diffère de la cérine qui se ramollit sans se fondre. Celle-ci est un produit qui se trouve dans le liége du commerce, et qu'on en extrait par des lavages alcooliques. Il cristallise en aiguilles blanches. Sa composition élémentaire n'est pas encore connue. Par sa position dans l'écorce externe et par ses propriétés, la cérine semble analogue à la cire.

Au reste, il est possible que nous ayons, dans cet article, confondu des objets hétérogènes : nous n'avons en effet point d'analyse des cires végétales. La cire d'abeille, qu'on dit identique avec elles, contient, d'après Gay-Lussac et Thénard :

Carbone, ... 81,78.
Oxigène, ... 5,54.
Hydrogène, . . . 12,67.

(1) Mém. sur le lait de l'arbre de la vache. In-8°, en espagnol et en français.

(2) Syst. de chim., 4, p. 123-127.

Il y aurait quelqu'intérêt à analyser comparativement des exemples des diverses classes de cires végétales que nous avons mentionnées.

§. 7. Enduits glaireux des plantes aquatiques.

Si les plantes charnues exposées à l'air ont reçu une protection contre l'humidité, on doit bien s'attendre que les plantes aquatiques ont dû être mises à l'abri de l'action dissolvante de l'eau. Quelques-unes le sont, ou par la solidité de leur tissu, ou par un enduit lustré, dont la nature est difficile à reconnaître, et qui pourrait bien être cireux ou résineux. On ne le trouve que sur les parties exposées à l'air, comme sur la face supérieure des feuilles des potamogétons nageans. Mais les plantes les plus délicates sont revêtues par un enduit glaireux qui adhère à leur surface et les protége contre l'eau : tels sont en particulier les batrachospérmum, qui, à raison de cet enduit, ont été comparés au frai des grenouilles. Cet enduit rend quelquefois ces plantes difficiles à saisir; elles deviennent ce que les Latins nommaient *lubricæ.* Cette matière est-elle une véritable excrétion qui aurait encore été peu ou point étudiée, ou serait-elle une modification que l'eau éprouverait par son contact avec la plante ? Cet enduit glaireux aurait-il quelque analogie avec ce produit des eaux thermales que M. Anglada a nommé *glairine*, et qui paraît provenir de la décomposition des conferves et des oscillatoires qui vivent dans ces eaux ? J'ai observé celle-ci dans presque toutes les eaux thermales que j'ai vues, mais nulle part si abondamment

qu'aux eaux de Vaudier, ou Valderio, en Piémont (1); on peut y voir clairement toutes les transitions, depuis les conferves ou oscillatoires à leur état ordinaire jusqu'à l'état glaireux le mieux caractérisé. C'est à la décomposition de cette matière glaireuse que paraît tenir la quantité d'azote que M. Daubeny a observée dans les eaux thermales (2).

La matière épaisse qui, à une certaine époque de la fructification, remplit les vessies natatoires des utriculaires (3), semble avoir de l'analogie avec l'enduit glaireux que je viens de signaler.

§. 8. Excrétions salines.

Il est quelques plantes maritimes qui suintent par la surface de leurs feuilles ou des parties foliacées de l'écorce des sucs renfermant des matières salines reconnaissables au goût et même à l'analyse. Ainsi, M. Ehrenberg a trouvé que la rosée glauque qui recouvre les feuilles du *tamarix gallica* a une saveur salée, et il croit qu'elle est excrétée par la feuille, et non déposée par l'eau salée flottant dans l'air. Cette crainte de confondre les matières salées déposées par l'air ou excrétées par la feuille, est l'obstacle qui jette du doute sur toutes les

(1) On s'y sert de masses de ces matières, qu'on applique comme topiques sur les parties souffrantes; elles paraissent agir simplement comme des cataplasmes émolliens, et dont la chaleur se conserve très-long-temps.

(2) Bibl. univ., 1830.

(3) Voy. liv. III, chap. III, §. 4, par C.

observations de ce genre faites au bord de la mer. En voici une que j'ai faite jadis à Paris de concert avec M. Frédéric Cuvier (1), et qui paraît assez précise pour prouver l'existence des sécrétions salines. Nous avons vu que les feuilles du *reaumuria vermiculata*, cultivées au Jardin-des-Plantes, excrétaient une matière grisâtre d'une saveur salée; cette matière, soumise à l'analyse, a paru composée de carbonate de soude et de carbonate de potasse.

M. Sprengel (2) a aussi observé que les plantes maritimes sécrètent de l'hydrochlorate de soude, qui se dépose à leur surface sous forme de cristaux.

§. 9. Excrétions saccharines.

Nous avons vu dans le chapitre précédent que le sucre est une des matières qui existent en plus grande abondance dans les végétaux, et qui paraissent contribuer directement à leur nutrition. On retrouve ce principe immédiat dans un certain nombre d'excrétions où sa saveur sucrée le fait reconnaître et prédominer; c'est ce qui me décide à les réunir sous ce paragraphe, sans me dissimuler que, d'après ce caractère isolé, je puisse bien y agglomérer des objets hétérogènes.

Pour commencer par les exemples les moins compliqués, je citerai l'observation faite par M. Jœger (3). Ce savant a vu des grains de sucre ordinaire pur et blanc

---

(1) Bull. philom.
(2) *Karstn. Arch.*, 7, p. 161; Bull. sc. chim., 10, p. 169.
(3) Bull. des sc. nat., 2; p. 240.

suinter de la surface interne de la division supérieure de la corolle du *rhododendron ponticum* tenu dans une chambre. Cent quarante fleurs en ont donné 275 centigrammes, de sorte que le poids moyen fourni par chaque fleur était de près de 2 centigrammes. Aiton a de même trouvé du sucre cristallisé dans l'appendice concave du *strelitzia reginæ*.

Chacun sait que le *fucus saccharinus* exposé à l'air libre se couvre d'une efflorescence blanche, qui, au lieu d'être du sel, comme on pourrait l'attendre d'une plante marine, a l'apparence et la saveur du sucre. Pour bien voir ce produit, il faut laver le fucus à l'eau douce avant de l'exposer à l'air. La quantité de cette efflorescence est peu considérable, quoiqu'on ait vu pendant le blocus continental des personnes qui proposèrent gravement de l'employer comme sucre : sa nature paraît analogue à celle des sucres hydratés. Cette excrétion a-t-elle lieu dans l'eau salée? Est-elle une vraie excrétion, ou un état morbide de la plante?

La manne est un produit singulier qui doit peut-être trouver ici sa place dans cette énumération. Tout le monde sait qu'on emploie habituellement sous ce nom et à titre de purgatif une matière qui découle, en Calabre, de l'écorce des frênes dits à la manne, que les uns considèrent comme le jeune âge ou une variété du *fraxinus ornus*, et que d'autres ont décrit comme une espèce distincte, sous le nom de *fraxinus rotundifolia*. Cette production a été long-temps considérée comme un produit naturel de ce frêne; mais on remarquait, ce qui est commun à quelques autres excrétions, qu'il n'en fournit pas dans les pays plus septentrionaux que la Calabre.

Maintenant il semblerait que la sortie de la manne n'a point lieu naturellement, et qu'elle est toujours due à une action étrangère. M. Tenore (1), interrogé par la société Linnéenne de Paris, a répondu que cette excrétion n'a lieu que par suite d'incisions artificielles faites à l'écorce vers la fin de juillet, et que les insectes n'y ont aucune part. D'autres (2) pensent que la sortie de la manne est due aux piqûres de la cigale de l'ornus (*cicada orni*), qui est très-commune sur cet arbre. Il s'en trouve d'autres (3), à l'avis desquels je suis disposé à adhérer, qui croient que c'est la première de ces causes qui détermine la sortie des mannes en masse, et la seconde celle dite mastichine, qui est rare et sous forme de petits grains, et peut-être la manne en larmes. Mais la manne n'est pas un produit exclusif du frêne. M. Ehrenberg a décrit (4) une variété du *tamarix gallica*, qu'il nomme *mannifera*, et qu'on nomme *tarfa* au mont Sinaï. Il assure que c'est un insecte (le *coccus manniparus*) qui en détermine la sortie. Il paraît qu'il détermine le même effet sur l'*alhagi maurorum*, dont on sait depuis longtemps qu'il suinte des gouttelettes de manne. Hardwick (5) a vu aussi un insecte du genre des psilles faire suinter de la manne d'une espèce de celastrus. On a trouvé des excrétions graniformes fort semblables sur

(1) Soc. linn. de Paris, Compte rendu, 1815, p. 69.

(2) Dict. des sc. méd., 9, p. 206; Journ. de pharm., 1827, p. 345; 1828, p. 439, 491, 492.

(3) Journ. de pharm., 1828, p. 492.

(4) *Linnæa*, 1827, p. 441.

(5) *Asiat. research.*, 1822, vol. 14, p. 184.

les jeunes pousses du mélèze, où elle est recueillie et employée localement dans les Alpes sous le nom de manne de Briançon, sur le saule blanc et sur quelques autres arbres, sans qu'on puisse affirmer si elle y est une excrétion naturelle, ou si elle est produite par des insectes.

Quoi qu'il en soit, la manne, même celle du frêne, considérée isolément, est loin d'être une matière simple; elle est au contraire assez composée, comme la plupart des sucs qui sortent artificiellement des plantes. Les chimistes y ont signalé, 1° de la gomme; 2° une matière jaune et nauséabonde, dans laquelle paraît résider sa propriété purgative; 3° un peu de sucre; et 4° une matière qui compose les trois quarts de son poids, qu'on a nommée *mannite*, et qu'on a considérée comme une matière spéciale. Elle semble, en effet, différer du sucre: 1° parce qu'elle cristallise en aiguilles capillaires très-fines; 2° qu'elle se dissout plus rapidement dans l'eau, et surtout dans l'alcool chaud; 3° que, traitée par l'acide nitrique, outre l'acide oxalique, comme le fait le sucre, elle donne encore de l'acide saccholactique (1); 4° qu'elle ne fermente pas, comme le sucre, et ne paraît pas susceptible de former de l'alcool; 5° peut-être, enfin, par sa composition élémentaire (*voy.* le tableau, à la fin du chap. XI): d'où il paraît que tandis que le sucre est une matière hydrocarbonée, c'est-à-dire où l'oxigène et l'hydrogène sont dans les mêmes rapports que dans l'eau, celle-ci, comme presque toutes les matières sécrétées, con-

(1) Proust, Ann. de chim., 56, p. 144; Thomps., Syst., 4, p. 34.

tiendrait un excès d'hydrogène. Mais ce résultat n'est point encore exempt de toute espèce de doute. D'un côté, il n'est pas confirmé par l'analyse de M. W. Prout (1), qui ne trouve dans le sucre de manne que 38,7 de carbone, et 61,3 d'eau, ce qui le classerait parmi les matières hydrocarbonées, et parmi les sucres hydratés; de l'autre, ceux qui y trouvent de l'hydrogène en excès sont peu d'accord entre eux sur sa quantité. Quoi qu'il en soit, cette mannite ou ce sucre de manne a été retrouvée par M. Vogel dans le céleri, et dans l'écorce du grenadier, par M. Mitouard. On n'en a au contraire retrouvé aucune trace dans la manne du tamarix, analysée par M. Mitscherlich, et elle n'a présenté que du sucre. Ajoutons, pour achever, l'indication de tous les doutes que présente cette matière, qu'il est peu probable, malgré sa patrie, que la manne du tamarix soit la manne dont les Hébreux se nourrirent. Des observations plus récentes semblent indiquer que c'est une matière analogue au nostoch, à laquelle elle doit se rapporter.

§. 10. Excrétions des nectaires et des organes sexuels.

Les glandes situées dans les fleurs, et qu'on nomme nectaires, suintent une liqueur miellée, qui a reçu le nom un peu emphatique de *nectar*, et qui paraît composée 1° d'une certaine quantité de sucre hydraté analogue à celui qu'on retire du miel, et 2° d'autres matières peu con-

---

(1) Journ. de pharm., 1829, p. 229.

nues, mais peu diversifiées, autant qu'on peut le présumer de la grande uniformité de la saveur des nectars.

J'ai déjà fait remarquer ailleurs (1) que, malgré la diversité de la position et de la forme des nectaires, le suc qu'ils excrètent est toujours sucré et très-analogue à lui-même, par sa saveur et ses qualités sensibles. Sans doute, il doit bien offrir quelques différences d'une plante à l'autre, mais on ne peut les juger exactement, puisqu'on manque d'analyse comparée des divers nectars. La qualité des miels qui en dérivent est un indice qui, isolé, ne peut pas prouver complétement la diversité des nectars, ni leur analogie avec les qualités générales des plantes qui les produisent. En effet, cette qualité des miels peut dépendre, 1° de la diversité des espèces des abeilles; 2° de leur mode divers d'élaboration selon la saison, l'âge; 3° du mélange du nectar proprement dit avec le pollen; et 4° enfin, de la nature propre des nectars que l'abeille trouve à la fois sur différentes plantes. Que l'*apis unicolor* fasse du miel vert à l'Ile-de-France; que le *pollistes lecheguana* fasse du miel vénéneux au Brésil (2), peut-être avec le suc du *paullinia australis*; qu'on trouve des miels vénéneux au Maragnon et au Paraguay, mais tirés de plantes inconnues; il faudrait d'abord savoir, dans ces exemples, quelle est la part de l'insecte et celle du nectar dans cette qualité du miel. Quand on dit que les nectars participent aux qualités générales des plantes, et qu'on en juge par les qualités des

---

(1) Organogr., vol. I, p. 534-538.

(2) Saint-Hilaire, plantes remarq. du Brésil, vol. I, 1825. In-4°.

miels, il faudrait savoir quel indice on a, d'ailleurs, que le paullinia soit vénéneux. Le miel vénéneux de l'Asie-Mineure n'est sûrement pas produit par le *menispermum cocculus*, qui n'y croît pas. Le seul exemple de plante vénéneuse, dont le miel ait paru vénéneux, est celui cité par M. Seringe (1), de deux pâtres suisses empoisonnés par un miel *supposé* extrait de l'aconit; mais il y a tant d'aconits, dans les parties mêmes des Alpes où le miel passe pour le meilleur, que si le fait est vrai, il serait singulier qu'il ne fût pas plus fréquent. Le sarrazin donne, dit-on, un mauvais goût au miel, mais cette plante n'a pas de vrai nectaire.

Au milieu de ces exemples ambigus, je ne connais que deux séries de faits qui indiquent quelques différences entre les nectars de diverses familles. D'un côté, les miels extraits des fleurs de la famille des rhodoracées sont suspects. Ainsi, celui extrait de l'*azalea pontica* (et peut-être du *rhododendron ponticum*) a un goût amer (2), et une réputation suspecte (3); on croit que c'est celui qui a empoisonné les soldats de Xénophon, près de Trébisonde. Les miels (4) extraits des *azalea* et de l'*andromeda mariana* sont aussi considérés comme dangereux dans l'Amérique septentrionale.

D'autre part, les fleurs des labiées paraissent fournir des miels de qualité supérieure. Olivier a remarqué que les fleurs de lavande contribuaient à la bonne qualité des

---

(1) Mus. helv., I, p. 128.
(2) Guldenstædt, *in Pallas Reisen*, I, p. 275, 281, 297.
(3) Tournefort, voy. II, p. 228.
(4) Barton, *in Nichols. Journ.*, 5, p. 159, 165.

miels de la Haute-Provence (1), et je me suis assuré (2) que c'est le romarin qui détermine la formation du miel blanc de Narbonne; car la récolte de miel blanc manque aux environs de Narbonne, quand un incident atmosphérique empêche la fleuraison du romarin, observation que M. Biot a confirmée aux îles Baléares.

Il serait à désirer que quelque chimiste donnât une analyse comparative des nectars d'un nombre un peu considérable de fleurs de diverses familles.

Je reviendrai sur le nectar, considéré dans ses rapports avec la fécondation, au livre III, chap. III. Avant de terminer cet article, je dirai quelques mots des excrétions observées sur les organes sexuels eux-mêmes.

Les globules du pollen sont souvent revêtus à l'extérieur, soit par une liqueur gluante, soit par une liqueur huileuse, peut-être volatile. La nature de ces excrétions a été encore peu étudiée; leur rôle, analogue à celui de la liqueur qui se développe dans l'urètre du mâle avant le coït, semble être de lubréfier les parties, et de faciliter l'adhérence du pollen sur le stigmate. La fovilla elle-même peut être considérée comme une excrétion, au même titre que la liqueur spermatique des animaux a été rangée dans cette classe; mais nous aurons à en parler en détail au livre III, chap. IV.

Les stigmates de presque toutes les plantes suintent, à l'époque de la fécondation, une humeur un peu gluante, dont le rôle est analogue à celui de la liqueur qui lubréfie le vagin des animaux femelles avant le coït; et en parti-

---

(1) D'après M. Dunal, l. c., p. 28.

(2) Rapports de voyages en France, 1807.

culier, elle sert à fixer les globules du pollen sur le stigmate. Sa nature chimique n'est pas connue, et son histoire physiologique mériterait peut-être quelque examen ultérieur.

§. 11. De la pulpe des Fruits.

On sait que les botanistes emploient le mot de pulpe dans un sens différent des chimistes : ils réservent le mot de chair pour toute la partie du péricarpe extérieure aux loges, et dont les sucs sont renfermés dans des cellules; ils nomment pulpe la matière liquide, ou demi-liquide, ou presque solide, qui se trouve dans l'intérieur des loges, et qui n'est pas renfermée dans des cellules propres. Cette matière paraît évidemment excrétée par quelqu'une des parois de la loge, savoir, soit par la surface de la graine ou du funicule, soit par la face interne de l'endocarpe. Nous n'avons à cet égard aucun document; mais ce qui pourrait peut-être faire croire que ces matières ne sont pas sécrétées par le même organe, c'est la diversité de leur nature dans des fruits d'ailleurs très-semblables. Ainsi, dans la seule famille des légumineuses (1), la gousse du *sophora japonica* et celle de quelques gleditschia, renferment un liquide aqueux et extrêmement acerbe, tandis que celles du caroubier, du tamarin, de quelques ingas, renferment une pulpe opaque, douce ou légèrement acide, et que celle du myrospermum contient un suc odorant et excitant. Dans l'ignorance où

(1) DC. Propr. méd., éd. 2, p. 133; Mém. sur les légum., I, p. 54.

nous sommes de l'origine précise de ces pulpes, nous ne pouvons que les énumérer ici d'après leur nature.

1°. Le *sophora japonica* et le *gleditschia macracantha* ont leurs gousses remplies d'une pulpe aqueuse, transparente, légèrement verdâtre, et d'une acerbité remarquable. Elle semble une matière extractive, analogue à celle qu'on obtient des feuilles et des gousses de plusieurs légumineuses.

2°. Le *ceratonia siliqua*, l'*inga dulcis*, etc, ont leurs gousses pleines d'une pulpe molle, brunâtre, de saveur douce et miellée, qui peut servir d'aliment.

3°. Le *tamarindus indica* a une pulpe analogue à la précédente, mais légèrement acidule. Cette acidité tient à une petite quantité d'acide malique mêlé avec des acides tartarique et citrique, savoir : d'après Vauquelin, sur 100 parties, 9,40 d'acide citrique, 1,55 d'acide tartarique, 0,45 d'acide malique, 3,25 de surtartrate de potasse, 12,50 de sucre, etc.

4°. Le *cassia fistula* a la gousse indéhiscente, pleine d'une pulpe épaisse, brune, de saveur douceâtre, et qui possède une propriété laxative; elle offre, sur 20 parties (1), 12,20 de sucre, 1,35 de gomme, et quelques autres matières mal précisées.

5°. Les *myrospermum* ont la gousse remplie d'un suc qu'on dit balsamique.

6°. Les graines du *bixa orellana* sont revêtues d'une matière colorée, d'apparence féculente, connue dans l'art de la teinture sous le nom de *rocou*. Cette matière très-particulière, dissoluble partie dans l'eau, partie

(1) Henry, Journ. chim. méd., 2, p. 376.

dans l'alcool, offre, outre quelques sels minéraux, d'après M. Chevreul, deux matières colorantes : l'une jaune, soluble dans l'eau et l'alcool, et très-faiblement dans l'éther; l'autre rouge, peu soluble dans l'eau, soluble dans l'alcool et dans l'éther, qu'il colore en rouge orangé. Cette dernière est très-remarquable par la propriété qu'elle a, quand on verse dessus de l'acide sulfurique concentré, d'acquérir une belle couleur bleu d'indigo, qui n'est pas permanente, au moins à l'air, et passe au vert ou au brun violet.

7°. Les graines du *theobroma cacao* sont entourées de cette matière huileuse et sapide, connue sous le nom de *beurre de cacao*.

8°. Les loges séminifères du coignassier sont remplies d'une pulpe très-distincte de la chair du fruit, et qui est évidemment une matière sécrétée.

9°. Les *pittosporum* contiennent à l'intérieur des valves de leur fruit une matière gluante qui leur a valu le nom qu'ils portent.

10°. Les hypéricées renferment souvent aussi une matière particulière sécrétée à l'intérieur de leurs loges.

11°. Les fruits de la passiflore, appelée aux Antilles pomme-liane, contiennent une pulpe douceâtre fort agréable, et dont on fait beaucoup d'usage.

12°. Les capsules des *samyda* renferment de même une pulpe de couleur orange, dans laquelle sont nichées les graines.

Ces diverses matières, dont il serait facile d'allonger la liste, ne sont pas, à proprement parler, rejetées hors du végétal, mais hors de l'organe qui leur donne naissance; c'est sous ce rapport, et à cause de l'analogie de

leur formation avec les précédentes, que je les place dans cette série.

§. 12. Excrétions des Racines.

Les excrétions des racines sont au nombre de celles dont l'histoire est la plus mal connue, et cependant la plus importante. M. Brugmans a le premier observé que, lorsqu'on place une plante de pensée (*viola arvensis*) dans du sable pur et dans un vase transparent, on voit pendant la nuit suinter de petites gouttelettes de l'extrémité des radicules. Dès-lors on a remarqué qu'on trouvait souvent de petits grumeaux aux extrémités des racines de plusieurs euphorbes, de plusieurs chicoracées, de la *scabiosa arvensis*, de l'*inula helenium*, des copaïfera, etc.; et comme ces grumeaux ne paraissaient dus à aucun accident, on a cru qu'ils étaient excrétés par les racines: c'est ce que Plenk nomme la matière fécale des végétaux (1). En considérant la marche descendante des sucs propres et du suc nourricier, on a été disposé à admettre que ces sucs, qui se dirigent toujours vers les racines, finissent par suinter de leurs extrémités. Je me suis jadis assuré par l'expérience que les racines saines n'exhalent aucun gaz sous l'eau, ni à la lumière, ni à l'obscurité; mais détourné de ces observations par d'autres travaux, je n'ai pas recherché la nature des matières que les racines déposent dans le sol. J'ai appelé, dès 1805 (Fl. franç., vol. 1), l'attention des observateurs sur ce sujet délicat, et dès-lors j'ai souvent sollicité divers chimistes de s'occuper de cette investigation, qui,

(1) Physiol., p. 64 de la trad. franç.

comme nous le verrons ailleurs, se lie aux théories les plus importantes de l'agriculture. Enfin, mon collègue, M. Macaire, a bien voulu faire, à ma prière, des efforts pour reconnaître la nature de ces excrétions, et a lu tout récemment (décembre 1831), sur ce sujet, à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, un Mémoire fort curieux, qui sera imprimé dans le cinquième volume de ceux de cette Société.

Il n'a obtenu d'abord aucun résultat ni de l'examen direct des racines arrachées de terre, ni de l'analyse de sables siliceux, dans lesquels il avait fait croître des plantes; mais il a trouvé des faits curieux, en débarrassant par le lavage les racines de diverses espèces de toute matière étrangère, et en les faisant végéter quelques jours dans de l'eau de pluie très-pure. Ainsi, des pieds de *chondrilla muralis*, renouvelés tous les jours dans l'eau pure, ont donné à celle-ci, au bout de huit jours, une odeur analogue à l'opium, et une saveur amère un peu vireuse : cette eau précipitait en brun floconneux la dissolution de sous-acétate et d'acétate neutre de plomb, troublait une solution de gélatine, et soumise à l'évaporation lente, laissait un résidu d'un brun rougeâtre; les racines et les tiges de la même plante mises dans l'eau n'y ont produit aucun dépôt; ce qui prouve que celui-ci est bien dû à l'acte de la végétation.

Une expérience analogue a été tentée sur un haricot; en plaçant ses racines dans un flacon d'eau pendant le jour, et dans un autre pendant la nuit, les deux flacons ont donné des signes de la présence d'une matière excrétée ; mais celui où la plante avait végété la nuit en contenait une quantité beaucoup plus considé-

rable. La même chose a lieu lorsqu'on soumet les plantes à l'obscurité. Ces faits sont conformes à l'observation de Brugmans, citée plus haut.

M. Macaire a vu que les diverses légumineuses qu'il a essayées donnaient pour résidu dans l'eau une matière très-analogue à la gomme, et un peu de carbonate de chaux; que les graminées déposent une quantité minime de matière, laquelle contient quelques muriates et carbonates alcalins et terreux, mais très-peu de gomme; que les chicoracées exsudent par leurs racines une matière abondante, brunâtre, amère, analogue à l'opium, et qui contient du tannin, une substance gommo-extractive brune, et quelques sels; que les papavéracées paraissent exsuder une matière analogue aux précédentes; que les euphorbes exsudent une matière gommo-résineuse d'un blanc jaunâtre et d'une saveur âcre, etc. Nous reviendrons sur les conséquences importantes de ces faits, en nous occupant de l'influence des plantes sur le sol, et de la théorie des assolemens (liv. V, ch. XV, §. 5, et ch. XVI). Nous n'avons eu d'autre but, en cette occasion, que de constater la réalité des excrétions radicales, considérées comme fonction des végétaux.

Ces excrétions servent évidemment à débarrasser la plante vivante des matières qui n'ont pu s'assimiler à elle, ou qui peuvent nuire à sa santé. M. Macaire a encore constaté par l'expérience que les plantes peuvent, par ce procédé, se dépouiller d'une partie des substances vénéneuses qu'elles ont absorbées. Il a placé une plante de mercuriale annuelle de manière à ce que, après avoir bien lavé ses racines, une partie de celles-ci fût plongée dans de l'eau chargée d'acétate de plomb, et l'autre dans de l'eau pure. Cette eau, au bout de quelques jours,

se trouva contenir une quantité d'acétate de plomb sensible aux réactifs, et qui provenait évidemment de celui pompé par l'autre partie des racines, et rejeté par la plante. Selon le même observateur, diverses plantes qui avaient vécu quelques jours dans de l'eau mêlée de chaux ou d'acétate de plomb, ou de nitrate d'argent, ou de sel marin à faibles doses, furent ensuite soigneusement lavées, puis transportées dans de l'eau pure, et leurs racines y excrétèrent la matière nuisible dont elles s'étaient gorgées, à peu près comme les animaux rejettent souvent par les excrémens une partie des poisons qu'ils ont ingérés.

§. 13. Des Excrétions fausses ou douteuses.

On est souvent tenté de compter, parmi les excrétions, des sucs superficiels, il est vrai, mais qui sont contenus dans des vésicules membraneuses, et qui ne peuvent sortir que par rupture accidentelle. J'en citerai quelques exemples.

1°. Les feuilles et les jeunes pousses de la glaciale (*mesembryanthemum cristallinum*) offrent des vésicules saillantes, pleines d'un liquide aqueux qui renferme en solution des matières alcalines, de soude près de la mer, de potasse dans nos jardins. Un grand nombre d'autres ficoïdes présentent des vésicules ou papules analogues; ce ne sont point de vraies excrétions, mais un développement extraordinaire des cellules superficielles.

2°. Il en est de même de quelques-unes des matières que l'on réunit sous le nom de nectar. Ainsi, les lobes de la fleur de la couronne impériale portent vers la base

interne une vésicule membraneuse et transparente, qui se remplit d'un suc sécrété dans l'intérieur, se boursouffle, et semble n'être qu'une grosse goutte de nectar suspendue au fond de cette cloche pendante : mais ce nectar est retenu par cette membrane vésiculaire, et ne sort que par sa rupture accidentelle. Ce suc, analysé par M. Vauquelin (1), contient, outre beaucoup d'eau, de la matière sucrée en assez grande abondance, du malate acide de chaux, une matière mucilagineuse et une matière végéto-animale. Il y a probablement d'autres nectars ainsi enveloppés, et je crois me rappeler que celui du mélianthus est dans ce cas. Cette classe de nectars méritera peut-être d'être séparée des vrais nectars librement excrétés.

3°. C'est probablement ici qu'on doit classer la matière qu'on trouve sur la surface des bractées du houblon femelle ; elle se compose, selon M. Raspail (2), d'un amas de glandes vésiculaires adhérentes à la surface des jeunes feuilles du houblon et des parties supérieures et péricarpiques du chanvre femelle. Ces petites glandes, situées à la face inférieure des feuilles de houblon, sont formées d'une coque qui éclate dans l'eau en faisant partir par le hile une vésicule élastique, et la vésicule s'étend en un boyau contourné. La coque et la vésicule interne sont formées de tissu cellulaire contenant de la cire, une résine jaune et une matière verte. Ce corps semble, par sa composition, analogue au grain de pollen ou de fécule, et, selon le même observateur, il se colore

(1) Cité par Mirbel, Physiol. vég., I, p. 200.

(2) Raspail, Bull. sc. chim., 8, p. 333.

en bleu par l'iode. Cette matière n'est ni acide, ni alcaline; sa couleur est jaune; sa saveur est d'une amertume franche, et paraît la base de l'emploi du houblon dans la fabrication de la bière. MM. Yves et Planche (1) l'ont considérée comme une substance propre, et l'ont décrite sous le nom de *lupuline*. M. Payen, au contraire, n'y a trouvé aucun principe bien spécial, et propose avec plus de raison de la nommer *sécrétion jaune* du houblon. Cette expression a l'avantage d'être juste sous le rapport physiologique, soit qu'elle renferme ou ne renferme pas un principe particulier. La quantité de cette sécrétion varie de 8 à 16 pour 100 du poids de la tête du houblon. On admet que le houblon est d'autant meilleur, qu'il en contient davantage.

4°. Est-ce parmi les excrétions, est-ce parmi les phénomènes de l'exhalaison aqueuse, qu'on doit classer les émanations d'eau qu'on voit se former dans certaines parties foliacées. Ainsi, d'un côté, dans les aroïdes, les bananiers et les graminées, on voit des gouttelettes d'eau à l'extrémité des feuilles; de l'autre, on voit de l'eau s'agglomérer dans les cavités des feuilles du népenthes, du céphalotus, du sarracenia; on voit de l'eau s'amasser à la base des écailles de l'épi de l'*amomum zerumbet*, ou à celle du périgone du *maranta gibba*. Ces divers phénomènes, spécialement mentionnés par M. L. C. Treviranus (2), sont encore mal connus, quant à leur origine: je serais porté à croire que les premières sont certainement de simples exhalaisons d'eau non élaborée. M. Tre-

(1) Bull. sc. agr., 7, p. 82.
(2) Bull. sc. natur., 16, p. 75.

viranus soupçonne que ce phénomène est dû à une plus grande activité des vaisseaux spiraux, provoquée par une grande quantité d'eau en contact avec les racines. Mais comme ce phénomène n'a lieu qu'au lever du soleil, je serais plus tenté de le rapporter à l'action de la lumière agissant sur un tissu plus rempli d'eau qu'à l'ordinaire, puisqu'il n'a rien exhalé pendant la nuit. Quant à l'eau qu'on trouve dans les cavités, je suis plus disposé à la considérer comme une sorte d'excrétion; mais nous manquons d'un document essentiel pour en juger, savoir, de son analyse. M. Treviranus nous apprend, il est vrai, que l'eau du zerumbet n'est pas pure, et contient d'autant plus de fibrine qu'on la prend plus tard. Ce fait semble bien indiquer que cette liqueur aqueuse, et par analogie celle du maranta, est une vraie excrétion. Mais celle du sarracenia sort-elle bien réellement de la plante, ou provient-elle de la pluie, comme celle qu'on trouve dans les godets formés dans le *dipsacus sylvestris*, par la soudure des feuilles? Je serais tenté de le croire. Celles du nepenthes et du cephalotus, qui sont dans des cavités recouvertes par un opercule, proviennent vraisemblablement de la plante; mais on ignore leur composition, et on ne peut savoir par conséquent si elles sont des sécrétions ou des exhalaisons. Maintenant que le népenthes est cultivé dans les jardins d'Europe, espérons qu'on cherchera à étudier, sous le rapport chimique et physiologique, le merveilleux phénomène qu'il présente.

Il reste encore à mentionner ici une dernière sorte d'excrétion aqueuse dont l'histoire est à peine connue; je veux parler de ce singulier arbre du Brésil, qui porte

le nom de *cæsalpinia pluviosa* (1), parce qu'au rapport du père Léandro il en découle des gouttes d'eau, comme s'il tombait de la pluie. La nature de cette eau et les détails du phénomène restent encore à reconnaître.

5°. Un certain nombre de lichens, tels que les roccella, par exemple, sont couverts d'une efflorescence blanchâtre, qui ressemble à de la poussière glauque. Est-ce une matière cireuse? est-ce une matière saline ou terreuse? est-ce une efflorescence de simples vésicules analogues à des cellules vides? Cette dernière cause est plus évidemment applicable aux amas de globules blancs qui s'effleurissent quelquefois sur les bords des frondes des lichens, et que quelques-uns avaient voulu prendre pour leurs organes mâles. Ces efflorescences, bien observées par M. Mirbel (2), ressemblent beaucoup à celles qui se forment dans les lenticelles au moment où il en sort des racines (3). Ce phénomène est un de ceux qui prouvent le plus clairement la non-continuité ou l'isolement des cellules végétales, mais ne peut point être compté parmi les excrétions.

---

(1) DC. Prod., 2, p. 483.
(2) Journ. de phys.
(3) DC Mém. sur les lenticelles. (Ann. sc. nat., 1826, p. 1.)

CHAPITRE X.

Des Sécrétions récrémentitielles, ou des Sucs propres.

Les sucs que les botanistes ont dès long-temps désignés sous le nom de *sucs propres*, correspondent assez exactement à ceux que l'on désigne, dans la physiologie animale, sous le nom de *sécrétions récrémentitielles*. Ce sont des liquides sécrétés dans certaines parties du corps aux dépens du suc nourricier, qui s'en distinguent par une composition très-différente, et qui sont destinés à remplir dans divers organes des rôles spéciaux, sans être rejetés au dehors, sinon accidentellement, comme les larmes, ou mêlés avec d'autres matières, comme la bile. Dans le règne végétal, nous trouvons de même des liquides sécrétés dans l'écorce ou tel autre organe, souvent susceptibles d'être charriés dans diverses parties de la plante, et très-différens du suc nourricier. Les principaux caractères qui sont offerts par cette classe de sucs sont :

1°. Qu'ils sont tous composés de deux ou plusieurs principes immédiats séparables, et ne sont point homogènes comme les sucs nourriciers examinés dans le chapitre précédent.

2°. Les matériaux qui les composent sont très-rarement hydrocarbonés (c'est-à-dire, contenant, outre le carbone, l'oxigène et l'hydrogène dans les proportions de l'eau), mais tantôt plus oxigénés ou plus hydrogénés que l'eau, et quelquefois même sensiblement azotés.

3°. Tous ces sucs, lorsqu'ils sont absorbés par les ra-

cines des végétaux vivans, même par ceux qui les ont produits, agissent sur eux à la manière des poisons; ce qui montre que leur place naturelle est d'être dans des vaisseaux ou des cellules closes, et non de parcourir vaguement le végétal, à la manière des sucs nourriciers.

Tous les sucs que je réunis dans ce chapitre peuvent, en prenant les mots dans leur acception la plus large, se ranger sous quatre chefs généraux : les sucs laiteux, les sucs résineux, les huiles volatiles et les huiles fixes.

Les sucs des deux premières classes, les sucs laiteux et résineux, sont quelquefois expulsés au-dehors, mais, à ce qu'il semble, par suite d'accidens, de maladie, et, en général, de causes qui ne sont pas liées nécessairement à leur rôle physiologique; ils sont presque toujours susceptibles d'être transportés dans le tissu végétal d'une place à l'autre.

Les huiles volatiles, au contraire, sont renfermées dans des cellules closes, desquelles il est probable qu'elles s'exhalent par la simple perméabilité du tissu; ce qui fait que tous les organes qui en sécrètent sont en général odorans.

Les huiles fixes, au contraire, sont formées dans des cellules qu'elles remplissent sans s'en échapper au-dehors ni par leur volatilité ni par aucun écoulement naturel : on ne les extrait que par des procédés artificiels.

Tous ces sucs, à quelque classe qu'ils appartiennent, paraissent sécrétés dans les parties foliacées ou corticales, et sont probablement des modifications opérées dans la gomme par des cellules spéciales qui jouent le rôle de glandes, et qui sont favorisées dans cette opération par l'action de la chaleur et de la lumière. D'après M. L. C.

Treviranus (1), il faut distinguer les organes qui sécrètent de ceux qui conservent ou transportent les sucs propres : les premiers sont, selon lui, des cellules; les seconds, des vaisseaux spéciaux.

ARTICLE PREMIER.

Sucs laiteux.

Les sucs laiteux sont au nombre de ceux qui, par leur abondance dans certains végétaux, ont le plus frappé les regards, et qui, à raison de la facilité qu'on trouve à recueillir certains d'entre eux, paraissent analysés avec le plus de soin.

Ces sucs offrent ceci de remarquable, qu'en général ils existent ou manquent à la fois dans toutes les espèces d'une famille : ainsi, toutes les papavéracées, les apocinées, les sapotées, ont le suc laiteux; la plupart des euphorbiacées, des artocarpées, des campanulacées, des chicoracées, présentent évidemment la même nature de sucs; mais dans quelques espèces ce suc est en si petite quantité ou tellement cantonné dans quelques points du végétal, qu'il semble y manquer complétement. Enfin, il est cependant quelques plantes dont le suc est laiteux, au milieu de familles à suc aqueux : telles sont les mamillaria parmi les cactées, les galactites et quelques autres au milieu des composées; les sucs laiteux sont très-rares dans les monocotylédones. On peut cependant rapporter à cette classe la liqueur louche et émulsive des

(1) Bull. sc. nat., 8, p. 201.

rhizomes de plusieurs amomées ou des feuilles d'aloès, etc. Parmi les végétaux cellulaires, on ne trouve de sucs laiteux que dans quelques champignons charnus, tels que les agarics dits *lactaires*, et quelques bolets lactescens.

Ces sucs, considérés sous le rapport chimique, sont des sortes d'émulsions naturelles formées par des molécules résineuses, gommo-résineuses ou d'autre nature, à demi-dissoutes dans l'eau. M. L. Treviranus croit qu'ils sont composés de globules résineux suspendus dans l'eau au moyen d'un mucilage, et formant ainsi une émulsion; mais M. Mayen (1) observe que ni l'alcool ni l'eau bouillante n'altèrent ces globules, et avoue ignorer leur nature. Il est certain que cette nature n'est pas la même dans tous les sucs laiteux, d'après les diversités qu'on y observe. Ainsi, sans prétendre en établir une classification rigoureuse, ils se présentent, autant qu'on en peut juger, sous trois classes, savoir :

1° Les uns contiennent en plus grande abondance le caoutchouc tout formé, ou tout au moins en renferment les élémens de telle sorte, que le seul repos à l'air libre suffit pour le développer. Tels sont les sucs des apocinées, qui fournissent le caoutchouc de l'Inde et des pays voisins (*urceola elastica*, Roxb., *vahea madagascariensis*, etc.), et ceux des euphorbiacées (*hevea guianensis*, etc.), et des artocarpées (*ficus elastica*, etc.), qui fournissent le caoutchouc des autres pays tropiques. La chaleur paraît nécessaire pour élaborer ce produit, car on le rencontre en plus ou moins grande quantité dans la plupart des plantes de ces familles, qui croissent entre les tropiques, et on en trouve

(1) *Linnœa*, 1827, p. 632.

peu ou point dans celles de nos pays. Ainsi, le figuier d'Italie, selon M. Bizio, ne contient que de la résine, et non du caoutchouc; mais il y a un peu de caoutchouc dans le suc de quelques papavéracées. Presque tous ces sucs sont d'une nature âcre et vénéneuse; quelques-uns cependant sont assez doux pour servir d'aliment lorsqu'ils sont jeunes et qu'ils ont été soumis à la cuisson (*tabernæmontana edulis*, etc.). L'ammoniaque sert à reconnaître la présence du caoutchouc dans les laits végétaux, en ce qu'il y forme un précipité qui, sec, a les propriétés du caoutchouc (1). Selon M. Faraday (2), le suc liquide de l'arbre qui fournit le caoutchouc laisse en se desséchant 0,45 de caoutchouc solide. Celui-ci, délayé dans l'eau, se sépare en deux parties : l'une est brune, pesante, se dépose au fond de l'eau; elle se compose de matières étrangères dont quelques-unes, étant azotées, ont fait croire que le caoutchouc l'était aussi; l'autre, qui surnage l'eau, est de couleur blanchâtre, et forme le caoutchouc pur. Celui-ci se moule sur tous les corps, en laissant évaporer son eau (*voy.* le *Tableau*, pour sa composition élémentaire) : sur 1,000 parties de suc, on obtient 317 de caoutchouc pur, 19 d'un précipité albumineux, 71,3 d'acide et d'une matière amère et azotée, 29 de matières solubles à l'eau, et 563,7 d'eau, d'acide, etc. Le caoutchouc pur ou complétement isolé est blanc, sans saveur ni odeur, mou, flexible et tellement élastique,

(1) Boussingault et Rivero, *Sobr. la lecche del arbol della vacca ; Bogota*, 1823, et trad. dans les Ann. de phys. et chim.

(2) Journ. sc. nat., 41, p. 79; *ex* Bull. sc. chim., VII, p. 71. On ne dit pas de quel arbre il est ici question.

qu'une boule de 9 1/2 pouces de circonférence et du poids de 7 1/4 onces, tombant de 15 pieds, rebondit à 7 pieds de hauteur (1), d'où sont venus les noms impropres de gomme ou de résine élastique; il est insoluble dans l'eau et l'alcool, soluble dans l'éther bien lavé à l'eau, et dans les huiles volatiles.

2°. Il est d'autres sucs laiteux qui renferment essentiellement l'opium tout formé ou prêt à se concréter : tels sont ceux des papavéracées; probablement ceux des chicoracées et des campanulacées doivent leurs propriétés sédatives à une proportion du même principe ou à quelque principe analogue. L'opium est le suc du pavot somnifère desséché à l'air et réduit ainsi à l'état d'une masse solide un peu cassante, d'un rouge jaunâtre, d'une odeur vireuse, et qui teint la salive en vert. Entre un grand nombre de principes, cette substance en contient trois qui lui sont propres et paraissent déterminer ses propriétés, savoir : 1° un alcali spécial nommé *morphine*, soluble à l'eau chaude, susceptible de former des sels avec les acides, et qui est éminemment narcotique; 2° une autre matière cristallisable qu'on a nommée *narcotine*, qui, traitée par l'acide nitrique, passe au jaune et non au rouge, comme le fait la précédente; 3° un acide particulier, l'acide *méconique*, qui y est le plus souvent combiné avec la morphine, qui est aussi cristallisable, mais qui n'a ni saveur ni odeur. Nous les mentionnerons plus en détail dans l'article 3 du chapitre suivant.

3°. Enfin, certains sucs laiteux n'ont donné aucune trace ni d'opium ni de caoutchouc, et sont remarquables

---

(1) *Roxb. asiat. research.*, vol. 5, *ex* Bibl. brit., 13, p. 399.

par la quantité de fibrine semblable à la fibrine animale qu'ils renferment : tel est, en particulier, le lait du papayer, dont Vauquelin a donné l'analyse (1) ; celui du galactodendron ou *arbre de la vache*, dont MM. Boussingault et Rivero ont fait connaître la composition dans le Mémoire cité tout à l'heure, et qui, outre la fibrine, contient la moitié de son poids de cire végétale. Le suc du mammillaria ressemble au précédent par sa douceur et son innocuité; mais on n'en a aucune analyse. Le suc du figuier (2) contient, 1° deux résines visqueuses, solubles dans l'éther et l'alcool (3 à 4 pour 100); 2° une résine insoluble dans l'éther; 3° 2 pour 100 de gomme; 4° de l'albumine; 5° une matière extractive; 6° des sels à acides végétaux combinés à une matière odorante; 7° de l'eau.

Presque tous les sucs laiteux, quelles que soient leur composition et leur propriété, sont de couleur blanche, d'où on a tiré leur nom; quelques-uns cependant sont colorés : tels sont ceux des chélidoines et de quelques agarics, colorés en jaune orange, celui de la sanguinaire coloré en rouge par l'effet d'un alcali spécial nommé *sanguinarine*.

Les sucs laiteux ne sont pas destinés à être naturellement excrétés par l'écorce; mais au moindre choc ils en sortent avec facilité. Dans plusieurs laitues, en particulier, il suffit d'une légère titillation pour voir des gouttelettes de suc laiteux s'élancer ou s'extravaser au travers de la cuticule. Ce fait a surtout lieu dans les parties supérieures de la plante, à l'époque de la fleuraison. Les

(1) Ann. de chim., 43, p. 267.
(2) Geiger et Reiman, Bull. sc. chim., 10, p. 352.

fourmis, en marchant sur la cuticule, suffisent pour déterminer ces jets de suc laiteux, et il arrive souvent qu'à raison de sa viscosité elles sont engluées par lui et arrêtées dans leur marche (1). Les sucs laiteux se trouvent jusque dans les racines, et quelquefois en grande abondance. Comme il est certain qu'ils sont formés dans les parties foliacées, on peut augurer de là que leur marche se dirige de haut en bas. Probablement ils contribuent à former les excrétions des racines.

L'action de la chaleur et de la lumière paraît nécessaire à leur formation, comme cela arrive aussi pour toutes les sécrétions. Les plantes à suc laiteux aiment en général à croître dans les lieux découverts; très peu supportent l'ombre; aucune n'est aquatique. Les plantes laiteuses étiolées n'offrent que très-peu ou point de lait.

Lorsqu'on veut récolter le suc laiteux des plantes, on fait une entaille à l'écorce, parce que c'est la partie qui en contient la plus grande quantité, et qu'en évitant d'entailler le corps ligneux on évite aussi de le mélanger avec la lymphe ascendante. On fait cette entaille corticale de préférence vers les parties supérieures, parce que c'est là que le suc se forme en plus grande abondance.

Lorsqu'on veut employer comme alimens les végétaux à suc laiteux âcre, on a recours à l'un des moyens suivans pour diminuer leur âcreté : ou bien on choisit des plantes jeunes dans le moment où la lymphe ascendante et aqueuse se trouve imbiber le tissu en plus grande quantité : c'est ainsi que les paysans du Languedoc mangent

(1) *Carradori, sopra l'irritab. della lattuga in giorn. d'agric. di Milano*, 1808, *giugno*.

le jeune coquelicot; ou bien on fait végéter la plante pendant quelque temps dans un lieu obscur, afin de l'étioler à moitié; d'où résulte que la lymphe est plus abondante, et le suc laiteux incomplétement formé; c'est de cette manière que plusieurs chicoracées deviennent assez douces pour servir d'aliment; ou bien enfin on détache avec soin la partie corticale qui contient le lait, et on peut alors se servir sans danger du corps ligneux. C'est ainsi qu'au rapport de M. Berthelot, les paysans de Ténériffe, pressés par la soif, enlèvent l'écorce de l'*euphorbia canariensis*, et sucent le corps ligneux, qui ne contient qu'une lymphe aqueuse non élaborée (1).

L'histoire des sucs laiteux a pris dans ces derniers temps un nouveau degré d'intérêt, à raison des belles observations que M. Schultz a fait connaître à leur égard. Nous commencerons par les exposer telles qu'il les a décrites, d'abord dans un ouvrage en allemand, intitulé : *Die natur der lebendigen Pflanze* (2 vol. in-8°), puis dans trois lettres qu'il a bien voulu m'adresser, et dont les deux premières ont paru dans la *Bibliothèque universelle* de 1827, et enfin dans une lettre et deux planches publiées récemment dans le cahier de janvier 1831 des *Annales des sciences naturelles*. Après l'exposition des faits, nous essaierons d'en apprécier la signification.

Grew avait déjà (2) dit quelques mots sur ce phénomène,

(1) Ce même voyageur m'a fait part d'un fait curieux sur cette plante : les chèvres des Canaries la mangent; mais elle donne mauvais goût à leur lait. Les bergers les mènent, après qu'elles en ont brouté, paître sur les bords de la mer, et assurent que les plantes salées corrigent l'effet de l'euphorbe sur le lait.

(2) *Idea hist. phys.*, p. 123, 183.

et on en trouve aussi quelques notions dans les écrits de Christian Wolff, de Rafn, de Moldenhawer et de Van-Marum. De plus, on savait depuis long-temps, par les observations de Corti, que les chara, vus au microscope, présentent dans la plupart de leurs cellules des molécules qui nagent dans le fluide aqueux des cellules et qui sont dans un mouvement de rotation périphérique très-marqué. Nous nous occuperons de ce phénomène en parlant des plantes cellulaires, et nous y traiterons aussi de quelques mouvemens de rotation observés dans quelques cellules des végétaux vasculaires. M. Schultz a trouvé des molécules mues par un mouvement analogue dans les vaisseaux d'un grand nombre de plantes vasculaires, et surtout dans celles à suc laiteux.

Lorsqu'on coupe une tranche très-mince et dans la direction des nervures d'une feuille, d'une stipule, d'un pétiole ou d'une écorce de plante dicotylédone à suc laiteux, par exemple, d'un figuier; qu'on la place dans l'eau sur un porte-objet de microscope vivement éclairé par un miroir plane (1); on ne tarde pas à voir des vaisseaux particuliers qui ne sont ni troués ni fendus, ni ponctués, ni rayés, et qui en outre diffèrent de tous les vaisseaux ordinaires, parce qu'ils offrent de place en place

(1) M. Schultz insiste sur ce point, et assure que les miroirs concaves déforment les objets au point de rendre les observations incertaines. Il est, au reste, remarquable que la dissection et l'examen microscopique de ces vaisseaux, qui semble très-facile quand on le voit faire par des personnes qui en ont l'habitude, soit assez difficile à répéter. Je vois par le rapport de MM. Cassini et Mirbel (Ann. des sc. nat., janv. 1831), qu'ils ont éprouvé à cet égard la même difficulté que moi.

des articulations ouvertes, des ramifications ou anastomoses. On peut les isoler par la macération du reste du tissu. Ces vaisseaux accompagnent et entourent à peu près les trachées sans être séparés par du tissu cellulaire : ils sont remplis d'un liquide plus ou moins laiteux qui s'y meut avec un mouvement rapide. Ce mouvement est visible parce que ce suc est rempli d'une multitude de petites molécules ou vésicules aériennes qui servent comme de repaires pour juger la rapidité de ces torrens ; ils s'écoulent dans toutes sortes de directions : les uns dans le sens qui va du haut de la feuille vers sa base ; les autres en sens inverse ; et on en peut dire autant de toutes les ramifications transversales. Il paraît donc y avoir une sorte de circulation dans ce suc ou ce *latex*, comme M. Schultz le nomme ; mais cette circulation semble locale pour chaque organe ; et pour éviter de la confondre avec la circulation générale des animaux supérieurs, M. Schultz la désigne sous le nom de *cyclose*. On peut, dans certaines parties foliacées très-minces et très-transparentes, voir la cyclose au travers du tissu, lorsque les vaisseaux renferment un latex coloré, comme dans les valvules des siliques de la chélidoine. Les mouvemens des molécules dans le suc jaune de la chélidoine ont aussi été décrits par M. Suriray (1), et M. Meyen en reconnaît aussi la réalité (2). M. Schultz me les a fait voir à Munich, en 1827, sur le figuier, et il les a montrés à MM. Cassini et Mirbel, en 1830, à Paris ; ils ont été

(1) Ann. de la soc. linn. du Calvados, vol. 2, p. 56.
(2) *Nov. act. nat. cur.*, *XIII*, *part.* 2.

confirmés par M. Amici en 1831 (1). Ainsi, quoique quelques observateurs, tels que M. Dutrochet (2), aient tenté de les attribuer à une illusion d'optique, il ne peut rester dans mon esprit aucun doute sur leur réalité.

L'activité du mouvement dans les torrens du latex est très-variable selon les circonstances. En général, le mouvement est plus rapide au printemps et jusqu'au milieu de l'été, plus lent en automne : on le voit à peine en hiver, si ce n'est dans les racines. Dans chaque saison, il est d'autant plus actif qu'il fait plus chaud. Cette circonstance est remarquable sous ce rapport, que quoiqu'on sache très-bien que la chaleur est une des causes qui tend à donner le plus d'activité à la végétation, cependant ses principaux phénomènes, analysés jusqu'ici avec quelque soin, avaient paru sous l'influence directe de la lumière : ainsi la composition de l'acide carbonique, l'exhalaison aqueuse, l'absorption de la lymphe, sont uniquement ou presque uniquement déterminées par elle. Ce fait de la cyclose est un des premiers où l'action de la chaleur se présente directement. M. Amici tend aussi à attribuer ce mouvement à la chaleur; mais il me paraît aller trop loin quand il l'attribue à la température agissant par un mode purement physique; et je pense qu'il est plus conforme aux faits de considérer ici la chaleur agissant comme excitant physiologique. Quand une branche est tronquée, le suc laiteux s'arrête quelquefois subitement; puis, quand elle est humectée, il reprend son

(1) Ann. sc. nat., 22, p. 416.

(2) Adr. à l'Acad. des sc. en 1831. Voy. Ann. sc. nat., 22, p. 433.

cours pendant quelque temps. La cyclose est très-rapide après la pluie, très-lente à la suite d'une longue sécheresse. Lorsque les vaisseaux sont coupés, le suc en découle avec vivacité, jusqu'à ce qu'ils en soient vidés, ou qu'il se coagule quelque caillot qui en obstrue l'orifice.

Les savans allemands ont beaucoup débattu entre eux sur la cause du mouvement du latex. Les uns l'ont cherché dans une impulsion propre du liquide, et M. Kielmeyer, cité par M. Schultz, semble avoir le premier avancé cette opinion. J'avoue que je ne saurais la partager; je ne comprends le mouvement d'aucun liquide par lui-même et sans cause directe, telle que l'impulsion, l'effet de la pesanteur ou celui d'une rupture d'équilibre de température, etc. Je ne vois aucune preuve que les liquides renfermés dans les cavités des êtres organisés suivent à cet égard une loi différente des autres. Si quelques-uns présentent des mouvemens, il faut en chercher la cause ou dans les corps solides et gazeux qu'ils contiennent, ou dans ceux qui les entourent.

M. Schultz suppose que cette cause se trouve dans la réunion et la séparation des globules qui flottent dans le latex. «Les globules, dit-il (1), s'en vont dans une direc-
» tion fixe vers les parois des vaisseaux ou des utricules; et
» comme tous les globules sont vivement joints, ceci doit
» occasionner le mouvement progressif.» Sur ce point, je ne saurais partager l'opinion de l'illustre observateur; car cette explication aurait besoin d'une autre qui ferait connaître pourquoi ces globules se séparent, pourquoi ils se dirigent vers les parois, pourquoi surtout ces mou-

(1) Bibl. univ., nov. 1827.

vemens cessent dès que la santé ou la vie est détruite; mais je reviens à être plus d'accord avec lui quand il ajoute *que le mouvement est secondé par la contraction des vaisseaux.* Je m'en écarte seulement en ce sens, que ce qu'il prend pour secondaire, je le regarde comme l'essentiel et que je dis, avec M. Tréviranus (1), que le mouvement du latex est déterminé par la contraction des vaisseaux ou des cellules qui le renferment, et peut être favorisé par les inégalités de pesanteur et les réunions ou séparations des globules que le liquide renferme. Je n'entre pas ici dans de plus grands détails, vu que j'ai déjà traité ce sujet d'une manière plus générale au livre premier.

Ces faits, quelle que soit leur cause, s'observent essentiellement dans toutes les plantes à suc laiteux, ou approchant de la consistance laiteuse. Ainsi, M. Schultz l'a trouvé dans toutes les espèces qu'il a observées des familles à suc laiteux: telles sont les papavéracées, les apocinées. Il a encore vu la cyclose dans presque toutes les espèces des campanulacées, convolvulacées, apocinées, etc., familles où il y a en effet quelques espèces à suc non laiteux. Parmi les urticées de Jussieu, il l'a trouvée dans les artocarpées (2) qui ont le suc laiteux, et ne l'a pas vue (3) dans les vraies urticées qui ont le suc aqueux. Dans le genre des érables, une seule espèce a le suc laiteux : c'est l'*acer platanoides*; c'est la seule chez

(1) *Zeitschrift fur physiologie*, 1825, *Heidelberg.*

(2) Voy. les vaisseaux du *ficus elastica*, Ann. sc. nat., 1831, vol. 1, p. 79, pl. I.

(3) Un ami de M. Schultz lui a dit l'avoir vue dans l'*urtica dioica* et l'*urtica urens.*

laquelle le phénomène s'aperçoive. Parmi les synanthérées, on le trouve chez les chicoracées (1), un grand nombre de carduacées et quelques radiées à suc analogue à celui des ombellifères, telles que les genres inula et sylphium, etc.

Il ne peut donc y avoir aucun doute que la cyclose et l'organisation de vaisseaux signalée par M. Schultz, sont en rapport, dans les exogènes, avec la formation et la marche du suc laiteux; mais le phénomène est-il universel? ou, en d'autres termes le suc laiteux est-il une sécrétion ou le suc nourricier lui-même? En faveur de cette dernière opinion, que j'avais jadis soupçonnée (2), puis abandonnée, on peut dire avec M. Schultz :

1°. Qu'il est possible que là où le suc se trouve transparent, il devienne plus difficile de voir le mouvement des molécules;

2°. Qu'on trouve une foule de degrés entre le suc décidément laiteux et le suc aqueux, depuis celui qui est coloré en rouge dans la sanguinaire, en jaune dans la chélidoine, en blanc mat dans le pavot, en blanc opalin et demi-aqueux des campanules et de plusieurs chicoracées, en blanc sale et peu déterminé des ombellifères, etc.;

3°. Que dans la même plante à différentes époques, on trouve le même suc à des degrés très-divers d'élaboration; qu'ainsi les plus jeunes pousses des figuiers et des mûriers, et les feuilles prêtes à tomber, n'ont pas le suc laiteux de la même qualité que dans l'état de la végéiation parfaite;

---

(1) Voy. Ann. sc. nat., 1831, pl. II, fig. 3, 4, 5.

(2) Flore fr., éd. 3, vol. I, p. 183 et 184.

4°. Qu'en diverses parties de la même plante, on trouve souvent le suc dans des états fort divers, comme on peut s'en assurer en comparant les racines, les tiges et les feuilles des chicoracées ou des campanulacées dans une même espèce;

5°. Que toutes les espèces qui appartiennent aux familles où la cyclose a été vue, et qui n'ont pas encore présenté ce phénomène sous les yeux de l'observateur, montrent un suc dans lequel on remarque de petites coagulations analogues à celles qu'on voit dans le latex laiteux, et qui est renfermé dans des vaisseaux analogues;

6°. Enfin, ces raisonnemens déduits des exogènes semblent corroborés par les faits observés dans les endogènes. M. Schultz a vu le phénomène de la cyclose dans toutes les espèces d'alisma (1), d'arum, de calla, de caladium. Parmi les liliacées, le genre où on la voit le mieux, c'est l'aloès; on la voit aussi dans l'agapanthus, l'allium, le weiltheimia, la lachenalia, et dans les canna. Parmi les graminées, il ne l'a vue encore que dans le maïs. Dans les aroïdées, il a choisi les pétioles; dans l'aloès, les pédoncules. Dans l'alisma, toutes les parties de la tige sont propres pour faire l'observation. Dans l'aloès, le mouvement est lent, mais énergique et durable. Chaque faisceau de vaisseaux, dans les endogènes, est composé en partie de vaisseaux spiraux, en partie de vaisseaux laticifères (2). Ces derniers sont situés aux

(1) Ann. sc. nat., 1831, pl. II, fig. 1, 2.

(2) *Zeitsch. fur physiol.*, I, p. 2.

côtés extérieurs du faisceau, comme on le remarque dans les pétioles des exogènes.

De ces divers faits, on serait disposé à conclure avec M. Schultz que les vaisseaux laticifères des parties foliacées représentent les vaisseaux sanguins des animaux à circulation locale, mais diffèrent de la circulation générale sous ce rapport qu'elle s'exécute dans un organe sans connexion nécessaire avec les autres parties du végétal; qu'enfin le latex, tantôt plus ou moins laiteux, tantôt transparent, mais offrant toujours dans son intérieur de petites molécules et souvent de petites vésicules, représente le sang tantôt coloré, tantôt incolore des animaux.

Examinons cependant cette opinion de plus près, et nous trouverons de graves motifs pour douter de sa réalité, et pour admettre peut-être avec M. L. C. Treviranus (1) que le suc laiteux n'est pas le sang ou le suc nourricier du végétal.

1°. Le suc laiteux n'existe que dans un nombre de dicotylédones très-petit, si on le compare au nombre total de cette classe : environ sept à huit familles sur deux cents. Or, il est contraire à l'idée même de l'analogie qu'on veut établir avec le règne animal, d'attribuer le rôle du sang à un liquide si rare dans l'ensemble d'un règne.

2°. Ce liquide se rapproche tellement, par sa composition chimique, des sucs résineux, gommo-résineux ou autres analogues, qu'il me paraît impossible de l'en séparer complétement.

3°. Les sécrétions, dans le règne animal, donnent nais-

(1) Ann. sc. nat., 8, p. 201.

sance à des transports et des mouvemens de liquides qui peuvent très-bien avoir de l'analogie avec ceux que présente le latex considéré comme une sécrétion.

4°. L'extrême analogie du mouvement des molécules du latex comparé avec celui qui s'exécute dans les cellules closes de quelques cellulaires et de quelques endogènes, doit tendre à prouver que ce phénomène est plus local que ne doit l'être la formation du suc nourricier.

5°. Le suc nourricier doit se trouver dans tous les organes qui prennent de l'accroissement. Or, le latex manque ordinairement dans les corps ligneux, même dans ceux dont l'écorce en est le plus abondamment pourvue.

6°. La nature ordinairement âcre et caustique de ce suc contraste avec l'idée générale que nous sommes disposés à nous faire d'un suc éminemment nourricier.

7°. On voit dans quelques cas, tels, par exemple, que dans le pavot, le suc découler en abondance d'un organe (le péricarpe) situé au-dessus des feuilles, et que l'ensemble des faits ne doit pas nous faire considérer comme éminemment propre à nous donner un suc nourricier.

8°. Les vaisseaux laticifères n'existent pas, selon M. Mayen, dans les très-jeunes plantes, et il semble inhérent à l'essence du suc nourricier d'exister à toutes les périodes de la vie.

D'après l'ensemble de ces considérations, et après des réflexions prolongées depuis bien des années, je suis resté convaincu que les sucs laiteux doivent être considérés comme des sécrétions, et la cyclose comme un mouvement remarquable lié à cet acte vital.

Le prix récemment proposé sur cette question par l'Académie des sciences de Paris, engagera probable-

ment plusieurs observateurs à s'en occuper, et tendra à éclaircir un des points les plus curieux et les plus obscurs de la physiologie végétale.

ARTICLE II.

Sucs résineux, gommo-résineux, etc.

Les nombreuses sortes de sucs résineux, gommo-résineux, ou de nature analogue, qu'on trouve dans les feuilles et les sommités d'un grand nombre de végétaux, paraissent se former dans les points déterminés de la surface foliacée ou corticale, puis se frayer un chemin descendant par leur propre poids ou leur propre nature dans le tissu qui les entoure. Cet effet est d'autant plus marqué, que la sécrétion est plus abondante, que sa nature est plus lourde, plus ou moins volatile, qu'elle est plus corrosive, et que le tissu qu'elle doit traverser est plus mou. La place de ces réservoirs de sucs est déterminée par celle où se fait la sécrétion; mais le reste de leur cours, influencé par diverses circonstances, n'offre pas la régularité des autres phénomènes organiques. En général, on les trouve principalement dans les parties foliacées ou corticales; mais on en trouve dans le bois de quelques arbres, et même on observe quelques canaux pleins de résine dans la moelle des pins. Ceux de ces canaux qui sont placés dans le corps ligneux, y restent intacts et sans altération jusqu'à la mort de l'arbre; ceux qui sont dans l'écorce sont annuellement rejetés vers l'extérieur avec les couches corticales dans lesquelles

ils étaient placés. Pendant ce temps, ils sont tortillés, et souvent rompus par le tiraillement des vieilles couches de l'écorce. Enfin, ils sont graduellement détruits et remplacés par d'autres. Ce phénomène leur est commun avec les canaux du suc laiteux. On profite souvent de cette disposition générale pour extraire les divers sucs de l'écorce, avant qu'ils soient rejetés au dehors. C'est ainsi que, par des blessures artificielles faites aux écorces, on reçoit les sucs sécrétés. Dans les arbres résineux, tels que les pins, on entaille l'écorce par une fente longitudinale le long du tronc, et on place au bas de l'arbre un godet qui reçoit la résine. Les divers procédés que la pratique a sanctionnés montrent évidemment que les sucs descendent des parties supérieures vers les parties inférieures des végétaux, et que la plus grande quantité passe par l'écorce. C'est à cette dernière circonstance, ainsi qu'à la présence du latex, qu'il faut rapporter le nombre considérable d'écorces douées de saveurs, d'odeurs, et, par suite, de propriétés remarquables. C'est à la chimie à découvrir la nature diverse de ces sucs, à la médecine à en étudier l'action, à la pharmacologie à en raconter l'extraction. Le physiologiste devrait en faire connaître la sécrétion ; mais sa tâche, qui est, il est vrai, la plus difficile, est loin d'être remplie.

Il ne paraît pas que ces sucs soient destinés, dans l'état de santé des arbres, à être rejetés au dehors des écorces, sous forme de matières excrétées autrement qu'en suivant le sort des couches corticales elles-mêmes ; tout au moins ils suivent leur route dans l'écorce, toutes les fois que celle-ci n'a pas été ouverte artificiellement ou accidentellement, et ils se rendent ainsi jusqu'aux racines. Là, il

paraît bien s'en faire une véritable excrétion, ainsi que nous l'avons indiqué chap. IX, §. 12.

L'étude chimique des sucs résineux est une des parties les plus obscures de la chimie végétale. On s'est contenté long-temps d'appeler résine toute matière qui, lorsqu'elle est arrivée à l'état concret, est sèche, cassante, non conductrice de l'électricité, développant par frottement l'électricité négative, insoluble à l'eau, soluble dans l'alcool, l'éther sulfurique, les huiles et les alcalis; mais on donnait, dans la pratique, le premier rang, parmi ces caractères, à la solubilité dans l'alcool. On ne tarda pas à remarquer que plusieurs matières tenaient à la fois des propriétés des gommes et des résines, c'est-à-dire, qu'elles étaient solubles partie à l'eau, partie à l'alcool; on les appela gommes-résines, sans décider si ces substances étaient des mélanges ou des combinaisons. On sépara, sous le nom de baumes, les résines qui donnaient des indices d'acide benzoïque, et on tendit ainsi peu à peu à séparer les sucs résineux d'après leur nature. Mais une des grandes causes d'obscurité qu'on rencontre dans l'étude de ces sucs, considérés dans leurs rapports avec la physiologie, c'est qu'à l'exception d'un petit nombre, on les étudie après que l'évaporation leur a enlevé une partie qui est peut-être de l'eau, mais qui pourrait bien être mêlée d'huile volatile.

M. Bonastre (1) a présenté sur la composition des sucs résineux des idées générales, qui me paraissent d'un haut intérêt, et qui devront, ce me semble, diriger les recherches ultérieures, lors même qu'il y aurait peut-être

(1) Journ. de pharm., 1826, 1830.

quelques modifications à faire dans sa classification des produits résineux. Selon ce chimiste, les sucs résineux peuvent être composés habituellement de quatre principes : une huile volatile, une partie résineuse, un acide et une partie accessoire. 1° L'huile volatile présente, lorsqu'elle fait partie d'un suc résineux, des caractères analogues à ceux que présentent les huiles volatiles pures; elle est elle-même, en effet, divisible en une partie fluide et odorante (*elaiodon*), et une partie concrète et souvent cristalline (*stéaropton*). Lorsque l'huile volatile est peu considérable dans le suc, celui-ci se classe évidemment dans les sucs résineux : lorsqu'elle y est fort abondante, on a peine à bien distinguer les sucs résineux de ce genre, des huiles volatiles. Nous y reviendrons dans l'article suivant. Les résines qui contiennent beaucoup d'huiles volatiles, forment, selon M. Unverdorben (1), les résines molles; les huiles s'en séparent difficilement, parce qu'elles n'entrent en ébullition qu'à une température très-élevée (200 à 260° R.).

2°. La partie résineuse des sucs de ce nom se compose elle-même de deux parties, savoir : la résine, et la résinule.

La *résine proprement dite* est entièrement soluble à l'alcool; la solution a des propriétés acides, rougit le tournesol, et peut se combiner jusqu'à un certain point avec les alcalis et les oxides métalliques. D'après M. Caillot (2), il faudrait encore distinguer ici des résines neu-

---

(1) Bull. sc. chim., 12, p. 161.

(2) Essai sur la térébenthine de Strasbourg, 1830; Journ. de pharm., 1830, p. 436.

tres, ou qui n'ont aucune action sur le tournesol, et des résines acides. Quelques-unes de celles-ci paraissent avoir été décrites comme de véritables acides. Tels sont, par exemple, l'acide abiétique (1), et peut-être l'acide kahincique. M. Unverdorben (2), en particulier, les assimile aux acides, en ce qu'elles forment des sels (nommés *résinates*), avec les alcalis, les oxides, en proportions définies, comme il l'a surtout éprouvé de la colophane. Les résinates alcalins sont solubles, et les autres insolubles.

La *sous-résine* ou *résinule* n'est soluble que dans l'alcool bouillant ou l'éther sulfurique; elle est pure, brillante, cristalline, souvent phosphorescente; elle ne se combine pas avec les alcalis caustiques, et ne développe pas de couleurs avec l'acide nitrique. C'est à cette division qu'appartiennent la *burserine* (3), extraite du suc résineux de l'*hedvigia balsamifera*, et de quelques autres burséracées; l'*amyrine* (4), qui provient de l'élémi, ou suc résineux de l'*amyris elemifera*, et probablement on devra y rapporter plusieurs autres matières que nous indiquerons dans le chapitre suivant, parce que leur histoire physiologique est trop mal connue pour oser les classer ici.

M. Berzélius confirme la distinction des résines en

(1) François Caventou et Pelletier, Journ. de pharm., 16, p. 465; Ann. de phys. et chim., 44, p. 291.

(2) Fér., Bull. sc. chim., 3, p. 316.

(3) Bonastre, Journ. de pharm., 1826, p. 494; 1830, p. 671.

(4) Journ. de pharm., 1830, p. 597; Ann. soc. linn. Paris, 5, 1826.

deux principes, par ses observations sur le copal et la térébenthine (1), qu'il a l'un et l'autre séparés en deux corps. M. Unverdorben (2) divise les résines en indifférentes et électro-négatives, et parmi celles-ci il distingue trois classes, selon qu'elles se combinent ou non avec l'ammoniaque, ou qu'elles forment avec elle des combinaisons susceptibles de se détruire ou de ne se pas détruire à l'eau bouillante.

3°. Les sucs résineux contiennent encore un acide : dans les vrais baumes, c'est l'acide benzoïque; dans les produits des conifères, c'est, selon M. Bonastre, l'acide succinique ou acétique; dans d'autres sucs résineux, il est probable qu'on en trouvera d'autres, et dans quelques-uns, cet élément qui ne paraît pas nécessaire, pourrait bien manquer.

4°. Enfin, on trouve encore dans les sucs résineux des mélanges, qui paraissent accessoires, de diverses matières extractives, gommeuses, sucrées, des sels à base de potasse, de chaux, etc. De là dérivent les sucs extracto-résineux, gommo-résineux, etc. Les résines qui font partie des gommes-résines contiennent tous les produits des résines simples.

Cette indication sommaire des matières qui se trouvent dans les sucs résineux, peut faire juger de leur extraordinaire complication; c'est bien là un des caractères des sécrétions récrémentitielles dans les animaux. La bile semble, sous ce rapport, ressembler aux sucs résineux;

---

(1) Bull. sc. chim., 9, p. 57.
(2) Bull. sc. chim., 12, p. 161.

mais l'étude de ceux-ci est compliquée de difficultés spéciales. Ceux que nous désignons sous ce nom ne sont peut-être jamais exempts de mélanges avec des matières entraînées avec eux dans leur extraction. Les analyses de la plupart se sont faites sur les reliquats laissés après l'évaporation, et non sur les sucs eux-mêmes. Dans ces analyses, faites le plus souvent sous des points de vue étrangers à la physiologie, on a beaucoup plus songé à isoler les matières susceptibles de l'être, qu'à nous faire connaître leur rôle dans la composition du suc général dont on les extrait. Enfin, on manque d'un nombre suffisant d'analyses comparatives faites sur des sucs analogues, pour reconnaître les modifications qu'ils peuvent subir. Toutes ces difficultés réunies sur ce sujet plus que sur tout autre, font qu'il est impossible de classer avec un ordre suffisant les faits que nous possédons sur les sucs de cet ordre. On est obligé de se contenter encore de cette classification vague dont j'ai parlé.

1°. On appelle en général *sucs résineux* ou *résines* ceux où le mélange de matières gommeuses ou extractives est très-peu considérable, où l'on ne trouve pas d'acide benzoïque, où enfin la quantité d'huile volatile mêlée avec la résine est peu importante. Ces matières présentent par conséquent au plus haut degré les caractères propres aux résines : telles sont la résine du pin et la résine copal, sur lesquelles MM. Gay-Lussac et Thénard ont reconnu que ce genre de produit contient plus d'hydrogène que les quantités nécessaires pour faire l'eau. On les trouve principalement dans les écorces des familles des conifères, des térébinthacées, etc. Il est probable que ces sucs résineux ont de grandes diffé-

COMPOSITION DES GOMMES-RÉSINES.	CISTINÉES.		GUTTIFÈRES.	TÉRÉBINTHACÉES.		LÉGUM.?	OMBELLIFÈRES.					ARALIACÉES.	CONVOLVULACÉES.		EUPHORBIACÉES.		ASPHODÉLÉES.	
	Labdanum, selon Pelletier (1).	Labdanum, selon Guibourt (2).	Gomme gutte, selon Braconnot.	Oliban, selon Braconnot.	Bdellium, seloo Pelletier.	Myrrhe, selon Pelletier.	Ammoniac. selon Braconnot.	Assa-fetida, selon Pelletier.	Sagapenum, selon Pelletier.	Opopanax, selon Pelletier.	Galbanum, selon Pelletier.	Gomme-résine de lierre, selon Pelletier.	Scammonée de Smyrne, selon Bouillon-Lagrange et Vogel.	Scammonée d'Alep, selon Bouillon-Lagrange et Vogel.	Euphorbe, selon Pelletier.	Euphorbe, selon Braconnot.	Aloès soccotrin, selon Bouillon-Lagr.	Aloès hépatique, selon Braconnot.
Résine	20,	86	80, 0	'56, 0	59, 0	34, 0	70, 0	65, 0	54,26	42, 0	66,86	23,	29. 0	60, 0	60, 8	37, 0	0,32	42,0
Gomme.	3,60	»	20, 0	30, 0	39, 8(3)	66. 0	18, 4	13,60	33,34(3)	33, 4	19,80	7,	8, 0	3, 0	»	»	»	»
Huile volatile et perte. .	1,90	»	»	8, 8	1, 2	»	2, 0	3,60	10,20	5, 9	»	»	»	»	3? 8	3? 0	»	»
Eau	»	»	»	»	»	»	6,	»	»	»	»	»	»	»	5,	»	»	»
Cire	1,90	7	»	»	»	»	»	»	»	0, 3	»	»	»	»	14, 4	19, 0	»	»
Extractif	»	1	»	»	»	»	»	»	»	1, 6	»	»	»	»	»	»	68	52,0
Amidon	»	»	»	»	»	»	»	»	»	4, 2	»	»	»	»	»	»	»	»
Lignine.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	9, 8	»	69,70	»	»	1?	13, 5	»	»
Bassorine	»	»	»	»	»	»	»	11,66	»	»	»	»	»	»	1?	»	»	»
Albumine végétale . .	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	12,0
Acide malique. . . .	»	»	»	»	«	»	»	»	»	2, 8	»	0,30	»	»	»	»	»	»
Malate de chaux . . .	0.60	»	»	»	»	»	»	0,30	»	»	»	»	»	»	12,20	20, 5	»	»
Malate de potasse. . .	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1,80	2, 5	»	»
Matière glutineuse . .	»	»	»	»	»	»	4, 4	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Matière insoluble à l'eau et à l'alcool. . . .	»	»	»	5, 2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

(1) J'omets 72 de sable étranger à la matière.

(2) J'omets 5 de terre et poils.

(3) En réunissant la gomme et la bassorine.

qui fournissent une portion d'acide benzoïque lorsqu'on les chauffe ou qu'on les fait digérer dans un acide. On doute encore si ces matières sont réellement composées de résine et d'acide benzoïque, ou si cet acide se forme au moment de sa séparation. Les baumes sont solubles dans l'eau, dans l'alcool, dans l'éther et dans les acides forts. Il en est de liquides, tels que l'opobalsamum, le styrax, les baumes de Tolu, de copahu et du Pérou; et de solides, comme le benjoin, le storax et le sang-dragon: ils proviennent des écorces et des sommités de divers arbres qui appartiennent aux térébinthacées, aux légumineuses, aux styracées, etc. Leurs analyses offrent de grandes diversités, et l'histoire naturelle de la plupart est encore trop obscure pour qu'on puisse les étudier sous le rapport physiologique. Le baume du Pérou liquide (1) contient, sur 1,000 parties, 64 d'acide benzoïque, 231 de résine plus ou moins soluble, et 690 d'une huile particulière. Celui de copahu se compose, selon Lewis, de 50 de résine et de 50 d'huile volatile sans acide benzoïque (2). Le vrai benjoin ne contient, selon Brandes, que 9 sur 100 d'acide benzoïque, et la plus grande masse de ce baume se compose d'une matière appelée *huile empyreumatique butyracée* par ce chimiste, et *résine* par Bucholz (3). On voit par ce petit nombre de baumes analysés, que ces matières sont réellement assez hétérogènes.

---

(1) Stoltze, Journ. chim. méd., 1, p. 139.

(2) Herbeger confirme ce dernier point; mais il ne trouve que 41 d'huile éthérée, 51,38 d'une résine jaune, 2,18 d'une résine brune, et 5,44 d'eau. (Journ. de pharm., 1830, p. 367.)

(3) Fée, Cours d'hist. nat. pharm., 2, p. 354.

M. Dulong d'Astafort (1) assure même que la résine des baumes n'est pas identique avec les autres résines ; et Hatchett (2) dit que cette résine se colore en rouge par l'acide sulfurique, ce qui n'arrive pas aux résines ordinaires.

4°. Les chimistes modernes distinguent sous le nom de *gayacine* la matière qui sort de l'écorce du gaïac officinal, ou qu'on en extrait par la chaleur; elle ressemble beaucoup aux résines, mais paraît en différer : 1° parce que, distillée en vase clos, elle fournit jusqu'à 30 sur 100 de charbon, tandis que la résine n'en donne que 15; 2° elle se dissout complétement dans l'acide nitrique, et finit par former, au lieu de tannin, de l'acide oxalique; 3° en ce que, traitée par l'acide nitrique et le chlore, elle offre des changemens fréquens de couleur brune, rouge ou verte. Exposée à la lumière et à l'air, elle devient verte comme la chromule des feuilles, ce qui fait penser que ces changemens de couleur sont dus à diverses combinaisons d'oxigène. Le peu que nous savons sur l'histoire de la matière exsudée par le gaïac, est analogue à celle des autres exsudations résinoïdes.

5°. C'est encore à la suite des gommes-résines qu'il faut placer le peu qu'on sait de la *sarcocolle*. L'histoire physiologique de cette matière est entièrement inconnue. Elle se présente à l'état de globules oblongs (depuis la grosseur d'un pois à celle d'un grain de sable), qu'on dit sortir de l'écorce du *penœa sarcocolla;* elle ressemble beaucoup à de la gomme arabique, mais elle se rapproche des

---

(1) Journ. pharm., 1826, p. 37.

(2) Bull. des sc. chim., 7, p. 76.

gommes-résines en ce qu'elle est soluble, partie à l'eau, partie à l'alcool; elle contient 80 sur 100 d'une matière spéciale, la sarcocolle pure, qui a une saveur sucrée et laisse après elle un peu d'amertume. Sa propriété la plus remarquable pour la distinguer de la gomme, c'est d'être précipitée de ses solutions par le tannin : on n'est pas encore parvenu à l'avoir cristallisée. On assure que la matière qu'on extrait de la racine des glycyrrhiza contient une substance brute fort analogue à la sarcocolle pure : quelques-uns l'ont nommée *glycyrhizine*. La sarcocolle a été trouvée par M. Ricord-Madiana dans les gousses de l'*acacia farnesiana*, dont elle forme en poids à peu près 2/100es.

6°. La matière glutineuse qui paraît accidentellement exsudée par l'*atractylis gummifera*, n'est, d'après M. Virey (1), ni une vraie gomme ni une résine, et ressemble à la variété de gomme qu'on a nommée *bassorine*. Les alcalis et l'acide nitrique la dissolvent; elle brûle à la manière des gommes, sans donner de produits azotés; elle ne se dissout dans l'eau ni à froid ni à chaud, et elle colore faiblement l'alcool.

ARTICLE III.

Des huiles essentielles ou volatiles.

Tout le monde sait qu'on désigne sous le nom d'*huiles* certaines matières liquides à la température ordinaire, peu ou point solubles dans l'eau, solubles dans l'alcool et l'éther, et très-inflammables. On en distingue plusieurs

(1) Journ. pharm., 1826, p. 257.

sortes dans le règne végétal. Les seules qu'on trouve à l'état vivant, et qui puissent par conséquent faire partie de la physiologie, sont, 1° les huiles essentielles ou volatiles; 2° les huiles grasses ou fixes. Ces deux classes de produits végétaux offrent de grandes différences entre elles, soit sous le rapport chimique, soit sous le rapport physiologique.

Considérées sous le point de vue chimique, les huiles essentielles sont toutes douées d'une odeur et d'une saveur plus ou moins fortes; elles sont un peu solubles à l'eau, et passent avec elle à la distillation, en lui communiquant leur odeur; elles se volatilisent sans se décomposer par la chaleur. Les huiles fixes, au contraire, sont inodores et insipides, ou à peine odorantes et sapides à l'état de pureté. Elles supportent jusqu'à 200 ou 300 degrés de chaleur sans se volatiliser, et se décomposent à une température plus élevée.

Étudiées sous le rapport physiologique, leurs différences sont aussi très-frappantes. Les huiles volatiles se trouvent toujours dans les parties foliacées ou corticales, places ordinaires des sécrétions; les huiles grasses dans les graines, ou rarement dans le tissu du péricarpe. Les premières sont le plus souvent formées dans des cellules qu'elles remplissent en entier et qu'elles rendent transparentes; les secondes sont bien aussi formées dans des cellules, mais le plus souvent mélangées avec d'autres matières ou imbibées dans le tissu sans le rendre transparent. Les premières sont évidemment analogues aux matières sécrétées; le rôle des secondes est plus difficile à bien constater, comme nous l'exposerons dans l'article suivant.

Les huiles essentielles ou volatiles sont très-analogues aux sécrétions des deux articles qui précèdent, et notamment aux sucs résineux dont elles font souvent partie; elles se forment dans les cellules arrondies ou plus rarement (dans les samydées) oblongues qu'on observe dans le tissu des feuilles et des écorces d'un grand nombre de plantes. Les écorces de la tige, du rhizome, des péricarpes, sont toutes susceptibles d'en fournir. Ces glandes se trouvent habituellement dans les feuilles; elles se rencontrent quelquefois dans les sépales des calices, par exemple, chez les hypéricum; plus rarement dans les pétales, comme dans l'oranger; ou dans les fruits, comme chez plusieurs rutacées ou aurantiacées. La plupart des huiles volatiles qu'on dit provenir des semences (telles que les huiles d'anis, de poivre, etc.), proviennent réellement du péricarpe, et non de la graine; cependant les graines en fournissent quelquefois, comme dans la muscade. Les cotylédons sont des feuilles qui en offrent très-rarement; mais il n'est pas exact de dire qu'ils n'en offrent jamais : ceux des millepertuis offrent déjà de petites glandes vésiculaires visibles. Dans toutes les feuilles qui en sont munies, ces cellules glandulaires étant remplies d'huile volatile ou essentielle, liquide naturellement transparent, et étant placées dans un tissu peu épais, semblent de petites fenêtres transparentes dont le tissu est criblé : c'est ce qu'on observe dans les feuilles des myrtées, des aurantiacées, des samydées, des amyris, etc., etc. On exprime cette apparence, dans les descriptions botaniques, en disant qu'elles sont *punctato-pellucida;* mais ces glandes existent souvent dans des tissus trop épais ou trop opaques pour qu'on puisse les

voir ainsi par transparence : telles sont les feuilles coriaces de plusieurs myrtacées, l'écorce du fruit des aurantiacées, etc. Enfin, les glandes elles-mêmes peuvent être opaques, quoique dans un tissu plus ou moins transparent : ainsi les feuilles des millepertuis présentent souvent à la fois des glandes transparentes et d'autres noires et opaques; celles des rutacées, de plusieurs térébinthacées, sont aussi quelquefois munies de glandes non transparentes.

Le liquide déposé ou sécrété dans ces glandes n'a point d'écoulement visible autre que l'évaporation; aussi remarque-t-on que tous les sucs renfermés de cette manière sont d'une nature éminemment volatile : des matières non volatiles tendraient à s'extravaser, ce qui a lieu quelquefois dans les classes précédentes. Les huiles essentielles contenues dans ces cellules closes ont entre elles quelque analogie générale de nature avec des propriétés diverses plus ou moins aromatiques ou excitantes. Les feuilles ou les écorces qui en sont munies sont odorantes à l'état de vie, par l'évaporation de ces huiles, surtout à la chaleur; elles conservent encore cette propriété quelque temps après leur mort, probablement jusqu'à ce que toute l'huile volatile soit évaporée. Lorsqu'on rompt le tissu de ces feuilles, cette évaporation est accélérée; l'une d'elles, celle du *schinus molle*, présente un petit phénomène qui mérite d'être noté : si on place sur une eau tranquille une de ses folioles, ou, mieux encore, quelques-uns de ses fragmens séparés, on voit ces folioles ou ces fragmens se mouvoir sur l'eau par des mouvemens brusques et irréguliers : ces mouvemens sont dus à des jets intermittens d'huile essentielle qui sortent des cel-

lules, frappent l'eau, et déterminent dans la foliole un mouvement de recul semblable à celui de l'éolipile. On voit ici assez clairement un effet vital; et on conçoit, d'après cet exemple, ce qui peut arriver dans les végétaux qui offrent des odeurs intermittentes.

Les huiles essentielles ne se forment jamais que vers la surface des végétaux, surtout dans les parties foliacées ou corticales bien exposées au soleil : aussi les plantes des pays méridionaux, et celles de nos pays qui vivent dans les lieux exposés au soleil, en sont-elles plus abondamment pourvues que les autres. La lumière et la chaleur paraissent influer sur leur formation, sans qu'on puisse exactement déterminer la part de chacune d'elles dans le phénomène. Il est probable que la lumière y concourt en tant que favorisant le dépôt du carbone dans le tissu, et la chaleur, en tant qu'elle est l'excitant qui agit le plus directement sur l'action élaborante des cellules. Elles sont essentiellement composées de carbone et d'hydrogène. Peut-être, dit M. Thénard, ne contiennent-elles point d'oxigène, et ne diffèrent-elles de l'hydrogène percarboné que par une plus grande quantité de carbone. Cette composition annonce qu'elles doivent tirer leur origine de sucs déjà fort élaborés. L'homme a tiré parti pour lui-même de ces huiles essentielles; mais leur utilité pour le végétal même qui les produit est totalement inconnue. On peut présumer qu'elle est de quelque importance; car, 1° la production de ces huiles est constante dans une même espèce; et 2° les glandes de ce genre existent ou manquent en général dans toutes les espèces d'une famille; ce qui annonce que leur présence fait partie de sa symétrie organique.

Au reste, il faut remarquer que les huiles essentielles

se présentent dans les végétaux dans deux états fort différens : 1°. A l'état de pureté remplissant des glandes spéciales, et susceptibles d'en être extraites par la simple pression ou par l'ouverture des cavités qui les renferment; on leur donne souvent le nom d'*essences*. Ce sont elles qui paraissent jouer le rôle de vraies sécrétions. 2°. Mélangées avec d'autres sucs très-divers; celles-ci ne sont extraites que par des opérations plus compliquées, se trouvent dans des organes très-divers, tels que les rhizomes des amomées, le bois des conifères, etc. Leur histoire physiologique est encore plus obscure que celle des précédentes, et dans un grand nombre des huiles volatiles de cette classe on ne peut reconnaître les cellules qui les renferment : telles sont en particulier les aromes volatiles qui s'exhalent des pétales de rose ou de jasmin.

Les sucs propres du fruit des ombellifères offrent dans leur disposition quelques traits dignes d'être notés : ce sont aussi des huiles essentielles, mais qui semblent plus ou moins mélangées avec quelques matières moins volatiles, probablement gommo-résineuses. Ces sucs sont sécrétés vers la partie supérieure du fruit, et descendent d'ordinaire entre les côtes, quelquefois sous les côtes, de manière à former des espèces de tubes alongés qui, vus par le dehors, paraissent de petites raies brunes, d'où on les a désignés sous le nom de *bandelettes* (vittæ). On voit que leur origine est du côté supérieur en ce que lorsqu'elles ne sont pas complètes, elles s'arrêtent à moitié ou aux deux tiers de la route descendante. Dans ce cas, il arrive le plus souvent que la matière s'accumule au fond du canal comme au fond d'un sac, et produit des bandelettes en forme de massue ou de larme batavique

comme on le voit dans les héracleum et les sison; lorsqu'elles atteignent jusqu'à la base du fruit, elles sont au contraire toujours filiformes. Ces sortes de réservoirs de sucs propres se trouvent avec de légères différences dans les sépales de quelques lysimachies et des oxalis. Ils se rapprochent des réservoirs d'huile volatile par la nature des sucs, et parce qu'ils sont à peu près clos : ils ressemblent aux réservoirs de sucs résineux parce que les sucs se fraient eux-mêmes une route dans le tissu cellulaire.

L'histoire chimique des huiles volatiles est moins obscure que celle des sucs résineux, parce qu'elles sont plus souvent pures et toujours moins compliquées.

Si on les compare entre elles, on trouve qu'elles diffèrent, 1°. par leur composition (voyez le tableau, chap. XI): les unes, telles que celles de citron, de bergamote, de térébenthine, etc., ne contiennent pas d'oxigène; les autres, telles que celles de lavande, de romarin, en contiennent de 3 à 13 pour 100. La présence de l'azote dans ces huiles est encore un sujet de controverse. 2°. Par leur poids spécifique : la plupart sont plus légères que l'eau; telles sont (1) celles de roses, de fleurs d'orange ou de néroli, de bergamote, de citron, de lavande, de spic, de romarin, de menthe poivrée, de carvi. D'autres en petit nombre sont plus pesantes que l'eau, savoir, celles de girofle, d'amandes amères, de cannelle, de sassafras. Parmi celles qui sont plus légères que l'eau, M. Brandes (2) a pris la

(1) Violet et Guenot, Journ. pharm., 1829, p. 385; *Green's Handb.*, 2, p. 204; Thomps., Syst. chim. tr. fr., 4, p. 119.

(2) Archiv., 21, 1827; Bull. sc. chim., 9, p. 279.

pesanteur spécifique de trente et une espèces à la température de 12'5° Réaumur, et a trouvé que les extrêmes sont celles des fleurs de millepertuis qui pèse 0,8520, et celle d'absinthe qui pèse 0,9725. 3°. Elles diffèrent encore par leur manière de se conduire sous l'action de l'acide nitrique (1). Les unes rougissent lorsqu'elles y sont soumises : telles sont les huiles de girofle, de sassafras et de massoy, extraites des laurinées; et d'autres bleuissent par le même agent : telles sont celles de valériane et de landsome. On peut ajouter à ces trois causes générales de diversité, 1° que certaines huiles volatiles détruisent l'émission de lumière du phosphore dissous dans l'huile de pavot, et que d'autres moins nombreuses ne s'y opposent pas; 2° que les unes mises en contact avec l'iode s'échauffent et se vaporisent avec explosion; d'autres n'ont point cet effet (2).

Les huiles volatiles comme les huiles grasses sont composées de deux principes (3). L'un est fluide, odorant, susceptible de se colorer par l'acide nitrique; c'est l'*élaiodon* de Herberger et l'*igreusine* de Bizio et Boullay. L'autre est une matière concrète, souvent inodore, cristalline, souvent très-régulière; c'est le *stéaropton* de Herberger et la *séreusine* de Bizio et de Boullay. Cette

(1) Voy. Bizio, *Giorn. di chim.*, *Brugnat*, 1826, p. 36, Bull. sc. chim., 7, p. 326; Boullay, Journ. de pharm., 1828, p. 498; Bolle, Bull. pharm., 1829, p. 580; Boissenot, Journ. pharm., 1829, p. 324; Bonastre, Journ. pharm., 1830, p. 663; Herberger, Journ. de pharm., 1830, p. 574.

(2) Voy. pour les détails Walcker, *Ann. der phys. und chim.*, 1826, p. 125; Bull. sc. chim., 8, p. 56.

(3) Journ. pharm., 1829, p. 157.

matière concrète se dépose d'ordinaire à la longue par le simple repos, et se retrouve peu à peu dans toutes les huiles volatiles que l'on observe, mais en offrant quelques différences de l'un à l'autre. D'après M. Plisson (1), les cristaux que dépose l'huile volatile de cannelle sont de l'acide benzoïque; mais peut-être ce fait a-t-il du rapport avec l'observation faite par MM. Robiquet (2) et Boutron, que l'huile volatile d'amandes amères peut se transformer en acide benzoïque, mais que ni l'un ni l'autre ne préexistent dans l'amande. Selon MM. Herberger et Boullay, les matières déposées par les huiles volatiles de labiées, et qui avaient été prises pour du camphre, sont des matières à odeur camphrée, mais non identiques avec le vrai camphre, et que quelques-uns ont nommé *camphoroïdes*. L'huile de persil dépose une matière qui a une odeur térébinthacée, et qui paraît assez analogue à ces camphoroïdes. Je ne serais pas éloigné de croire que le véritable camphre serait le stéaropton de l'huile essentielle de divers lauriers. Cette opinion paraît celle qui concilie le mieux les notions que nous possédons sur ce singulier produit.

L'histoire chimique du camphre est plus avancée que son histoire naturelle. On sait qu'il se présente sous la forme d'une matière analogue aux résines et aux huiles volatiles; à l'état de pureté, il est solide, blanc, transparent, très-volatil, d'une odeur forte et d'une saveur âcre, peu soluble à l'eau, et très-soluble à l'alcool. (*Voy.* ses élémens, au *Tableau* à la fin du chapitre XI.)

---

(1) Journ. pharm., 1829, p. 157.
(2) Journ. pharm., 1830, p. 427.

On l'a considéré comme un des produits immédiats des végétaux; mais il paraît qu'on doit en distinguer plusieurs variétés ou espèces.

1°. Le camphre des laurinées, ou le vrai camphre, se retire des *laurus camphora* et *sumatrensis*, du *dryobalanops aromatica*, et peut-être de plusieurs autres arbres de la même famille; il ne transsude pas extérieurement par l'écorce, mais on le trouve ou sous l'écorce ou dans les cavités du corps ligneux, soit à la tige, soit aux racines; il se présente sous la forme de petits grumeaux, les plus gros de la dimension d'un pois, les plus petits comme du sable. Ces grumeaux sont probablement déposés par les huiles essentielles dont ces arbres sont abondamment pourvus dans leur feuillage, leur écorce, et même dans le bois.

2°. Les camphoroïdes ou camphres des labiées. Depuis un temps immémorial on retire une sorte de camphre, dans le royaume de Murcie, des huiles essentielles de labiées; et M. Proust (1) a fait connaître en détail ce produit remarquable. En exposant ces huiles à l'air libre, elles s'évaporent, et le camphoroïde reste dans le vase sous forme cristalline; on en peut retirer 10/100es de l'huile de romarin et de celle de marjolaine, 12 1/2 de celle de sauge, 25 de celle de lavande; on en retire aussi de celles de menthe, de thym, etc.

3°. Les huiles volatiles des amomées ont aussi fourni un stéaropton analogue au camphre. Geoffroi en avait jadis retiré de la zédoaire, Cartheuser de celles de *ma-*

---

(1) Journ. de phys., mars 1790.

ranta galanga, de *kæmpferia rotunda* et d'*amomum zinziber*.

Enfin, on dit en avoir retiré des racines de l'*andropogon schœnanthus*, de l'*inula helenium*, de l'aristoloche, etc., plantes qui toutes donnent aussi de l'huile volatile. L'odeur camphrée du camphorosma, du tabac, etc., pourraient tenir à une sécrétion de même ordre.

Ces différens camphres semblent n'être pas complétement identiques : celui du thym, par exemple (1), ne forme pas de dissolution liquide avec les acides nitrique et sulfurique, et n'est pas précipité en poudre par l'acide nitrique, comme le camphre des laurinées. On fabrique des camphres artificiels toujours un peu différens des naturels, en traitant l'huile de térébenthine par le gaz acide hydrochlorique.

Enfin les huiles volatiles déposent encore dans quelques cas des matières concrètes de nature graisseuse, qui semblent former une classe de produits distincts des camphoroïdes et du camphre : telles sont la *myricine*, la *céraïne* (2), que j'ai déjà mentionnées en parlant de la cire (chap. X, §. 6), et quelques autres, telles que l'*aurade*, que je mentionnerai plus tard, parmi les produits sur-hydrogénés (chap. XI, art. 4).

ARTICLE IV.

Des huiles fixes ou grasses.

La place que l'on doit assigner aux huiles fixes dans le

(1) John Brown, *Phil. trans.*, 1725, 33, p. 361.
(2) Journ. pharm., 1829, p. 156.

tableau des sucs végétaux, considérés sous le rapport physiologique, offre des ambiguités difficiles à résoudre.

D'un côté, il faut remarquer, 1° que l'huile fixe ne se trouve que très-rarement dans les parties corticales du fruit, et presque toujours dans l'intérieur de la graine, place où les sécrétions précédentes ne se trouvent jamais; 2e qu'elle paraît, dans l'acte de la germination, se transformer facilement en émulsion nutritive, et y remplir le même rôle que la fécule : circonstances qui tendraient à la faire placer dans les matières énumérées au chapitre précédent.

D'un autre côté, il faut avouer cependant que l'huile fixe diffère des matières nutritives ordinaires sous deux rapports remarquables : 1° Elle offre une composition chimique dans laquelle l'hydrogène entre pour une proportion beaucoup plus considérable que dans les matériaux nutritifs, et qui a fait dire à M. Thénard (1) qu'elle peut être considérée comme un mélange d'eau et d'hydrogène percarboné. (Voy. tableau III.) 2° L'action de l'huile fixe sur les végétaux qui l'absorbent par leurs racines est celle d'un poison. 3° L'huile fixe est composée comme les vraies sécrétions et comme l'huile volatile en particulier, de deux principes distincts et séparables.

Sous le premier rapport, on peut remarquer que quoique l'huile fixe soit insoluble à l'eau, elle est facilement altérée par la végétation; de telle sorte, que celle qui existe dans les graines huileuses est rapidement convertie en émulsion pendant la germination, et sert à nourrir les jeunes plantes précisément comme le fait la gomme

---

(1) Traité de chimie, 3, p. 204.

ou le sucre, et comme là graisse paraît le faire dans les animaux lorsqu'elle est réabsorbée. M. Raspail (1) compare la graisse avec la fécule, et dit, comme Svammerdam l'avait déjà remarqué (Bibl. nat. 1737, p. 311), que la graisse est comme la fécule formée de globules pleins d'une matière liquide. Cependant l'analogie de la graisse avec l'huile me paraît plus frappante encore, car elle repose à la fois sur une analogie de rôle et de nature.

Sous le second rapport, on pourrait croire probable que si l'huile fixe tue les végétaux qui l'absorbent par leurs racines, ce n'est point à raison de sa nature chimique, mais à cause de sa consistance physique; elle obstrue les pores ou méats de la plante, et à cause de son immiscibilité avec l'eau, elle empêche le passage de ce liquide si nécessaire à la végétation.

Sous le troisième point de vue, on est tellement frappé de l'analogie de nature et de composition des huiles fixes et des huiles essentielles, qu'il paraît impossible de les séparer trop complétement.

C'est d'après ces considérations que j'ai cru devoir placer l'huile fixe parmi les matières sécrétées, en l'assimilant à la graisse des animaux, c'est-à-dire en la considérant comme une sécrétion nutritive ou facile à changer en matière nutritive. Que si l'on n'admet pas cette opinion, il sera facile à chacun de rejeter par la pensée cet article dans le chapitre précédent.

L'huile fixe se trouve en général dans les graines ou les organes très-voisins des graines, et paraît être, dans

---

(1) Bull. sc. chim., 7, p. 318.

les familles qui en fournissent, l'aliment approprié à la nourriture des jeunes embryons.

On la trouve imbibée dans les cellules de l'embryon, et surtout dans ses cotylédons, chez les crucifères, les linées, les juglandées, quelques amentacées, telles que le hêtre, le chêne; quelques légumineuses, telles que l'*arachis hypogæa*, le *dipterix odorata*, la plupart des rosacées, amygdalées, etc. Elle se retrouve en outre dans les albumens de plusieurs plantes, savoir, dans celles de toutes les euphorbiacées, des papavéracées, etc. On extrait du *camellia oleifera* une huile fort employée à la Chine, et qui a presque la consistance du suif. Enfin quelques-unes des matières connues sous le nom de beurres ne paraissent être que des états particuliers de l'huile fixe : tels sont, par exemple, le beurre de cacao et celui de galam (1).

Hors de l'intérieur de la graine, l'huile fixe ne se trouve en quantité notable que dans le péricarpe des oliviers. On en a aussi trouvé, dès le temps de Mathiole, quelques traces dans le péricarpe du cornouiller sanguin.

La quantité proportionnelle de l'huile qu'on peut extraire par compression des diverses graines a été établie comme suit, principalement par MM. Schübler et Bentsch.

---

(1) Les graines des bassia, et surtout du *B. longifolia*, contiennent, pour les trois quarts de leur poids, une matière butireuse analogue au beurre de cacao, d'une saveur douce et aromatique. Elle se saponifie complétement, et se conserve bien. C'est ce qu'on nomme le beurre de Galam. (Vauquelin, Journ. de pharm., 1830, p. 57.)

Graines de	Sur 100 parties en poids.
Aveline	60
Cresson des jardins	56 à 58
Olive (1)	50
Noix	50
Pavot	47 à 50
Amande	46
Euphorbe épurge (*E. lathyris*) (2)	41
Colza	39
Moutarde blanche	36
Tabac	32 à 36
Prune	33
Navette d'hiver	33
Navette d'été	30
Gaude	30
Cameline	28
Chenevis	25
Sapin	24
Lin	22
Moutarde noire	18
Hélianthe	15
Faîne (graine du hêtre)	12 à 16
Graine du raisin, selon Schübler	10 à 11
Id. selon Schweinsberg	5
Id. selon Julia-Fontenelle	13 à 18 (3)

Le fruit de l'olivier, qui donne de l'huile par son péri-

(1) La graine de l'olive isolée du fruit, donne en huile, selon l'expérience de Sieuve (Bull. sc. agr., 10, p. 213), 54 pour 0/0, ce qui s'éloigne peu de l'estimation de Schübler. Voy. ci-après pour le produit du péricarpe.

(2) D'après Chevallier, Bull. sc. agr., 5, p. 318. Il dit que par l'éther on en obtient 51 pour 100.

(3) La quantité varie selon les variétés employées. (Journ. chim. méd., 1827, p. 66.)

carpe, mérite une mention spéciale. D'après l'expérience de Sieuve, citée plus haut, 100 livres d'olives donnent 32 livres d'huile partagées comme il suit : le péricarpe pèse 76 et donne 21 livres d'huile; le noyau pèse 24 livres, dont l'amande, pesant 7, produit moitié de son poids environ, soit 4 d'huile; le reste, soit les sept autres parties d'huile, furent fournies par le bois du noyau : probablement elles appartenaient au suc du péricarpe et étaient restées adhérentes au noyau. L'huile de l'amande et de bois est inférieure en qualité à celle de la chair du fruit, et c'est pourquoi l'huile des olives qui ont été peu comprimées est la meilleure.

Dans les premiers de ces exemples, c'est-à-dire ceux où l'huile est dans l'embryon ou l'albumen, il est évident qu'elle est modifiée par l'acte de la germination, et qu'elle sert à la nourriture de la jeune plante. Il est probable que celle du péricarpe doit aussi servir à la nutrition de l'embryon; mais nous n'en avons aucune preuve directe. Les noyaux de l'olive, qui au reste contiennent aussi de l'huile, germent bien quoique dépouillés de leur péricarpe. Nous ignorons complétement quel est le genre d'action chimique par lequel l'huile est transformée en matière émulsive dans la germination. Au reste, l'homme s'empare de l'huile pour son propre usage, comme il fait de la fécule, du sucre et de la gomme, et détourne ainsi à son profit le magasin de nourriture que la plante avait préparé pour sa progéniture, ainsi qu'il le fait des œufs des oiseaux. Le rôle important de l'huile dans l'économie animale alimentaire, prouve que le critère indiqué par Davy comme moyen de juger de la qualité nutritive des végétaux est erroné : il propose (Chim. agr., 1, p. 183)

de la mesurer par la quantité de matière soluble à l'eau; mais à ce compte l'huile grasse et la fécule ne compteraient point parmi les matières nutritives. Il est vrai qu'elles ne le deviennent qu'en devenant solubles; mais, quand on examine le végétal entier, elles seraient toujours négligées dans l'appréciation.

L'huile se dépose dans les cellules arrondies qu'elle paraît remplir, ou seule, ou mélangée avec du mucilage et peut-être d'autres matières qui modifient la saveur et la propriété des huiles diverses. On l'obtient par compression ou par ébullition; mais ces deux procédés ne donnent aucune garantie d'avoir l'huile entièrement indépendante des matières qui peuvent être mêlées avec elle dans le tissu d'où on l'exprime; les moins impures paraissent être celles qu'on obtient par une compression légère; mais encore les différences de leurs saveurs, de leurs odeurs, etc., indiquent bien qu'on n'a pas ici une matière véritablement exempte de tout mélange.

Les huiles considérées à leur plus grand état de pureté sont encore, d'après les observations de MM. Braconnot et Chevreul (1), composées de deux matières distinctes : l'une plus liquide, analogue à l'élaïne des graisses qui s'imbibe dans le papier gris, et a reçu les noms d'*élaïne* ou *oléine*; l'autre plus solide, analogue à la *stéarine* des graisses, qui en a gardé le nom, et qui reste libre après que toute la première a été imbibée dans le papier gris. Ces deux matières sont dans les proportions suivantes, d'après les recherches des chimistes :

---

(1) Ann. de chim., 93, p. 225.

Sur 100 parties dans l'huile de

	Élaïne.	Stéarine.
Olives...............	72	28
Amandes douces......	76	24
Colza...............	54	46
Palme..............	69	31

La fève tonka (*dipterix odorata*) contient une matière grasse et saponifiable , aussi composée d'élaïne et de stéarine. La fève pichurim qui provient de la famille des laurinées, contient, d'après M. Bonastre, sur 500 parties 110 de stéarine sans élaïne (1). La muscade contient sur 100 parties 7,6 d'élaïne et 22 de stéarine (2). Les proportions des principes élémentaires sont, d'après M. Chevreul, un peu différentes dans ces deux matières, savoir :

	Carbone.	Oxigène.	Hydrogène.
Elaïne......	29,030	9,548	11,422
Stéarine....	78,776	9,445	11,770

Il faut encore savoir si d'aussi faibles différences tiennent bien à la nature réelle de ces matières ou à quelque mélange (3). Les huiles fixes sont toujours plus ou moins souillées par une espèce de lie ou de crasse, dont on les débarrasse principalement par l'action de l'acide sulfurique; cette lie paraît essentiellement formée par les débris des membranes des cellules dans lesquelles l'huile était renfermée.

(1) Journ. pharm., 11, p. 8.
(2) Journ. pharm., 9, p. 251.
(3) Raspail, Journ. sc. obs., 3, p. 244.

Le poids des huiles fixes est modifié dans la pratique par la quantité de lie qui peut y rester mélangée : M. Brandes (1), qui les a examinées sous ce rapport à l'état de la plus grande pureté qu'il ait pu obtenir, a trouvé qu'à la température de 12'5° Réaumur, la plus pesante est l'huile de ricin, qui pèse 0,9748 et la plus légère celle de pavot, qui pèse 0,9125.

Le principe doux trouvé par Scheèle dans les huiles grasses, et nommé par M. Chevreul *glycérine*, ne peut compter parmi les principes des végétaux considérés à l'état de vie, puisque MM. Fremy et Chevreul ont prouvé qu'il est produit dans les opérations où une base salifiable fait un savon en réagissant sur l'oléine et la stéarine.

Les principes savonneux qu'on trouve dans quelques végétaux tiennent-ils à des combinaisons naturelles d'huile avec les matières alcalines que nous verrons tout à l'heure exister dans les végétaux en nombre assez grand? C'est ce qu'on ignore; et, en général, l'histoire chimique de ces principes savonneux est encore très-obscure.

La racine de la saponaire officinale, qui est dès long-temps connue pour sa qualité savonneuse, contient, selon M. Bucholz (2), 34 pour 100 d'un extractif mucilagineux soluble dans l'eau, à laquelle il donne un aspect savonneux : ce principe a reçu le nom de *saponine*, mais est encore très-peu connu.

Le quillai (*quillaia smegmadermos*) contient dans son écorce un principe savonneux qui mousse avec l'eau et sert à laver et détacher les linges; il a une saveur pi-

(1) Bull. sc. chim., 9, p. 279.
(2) D'après Fée, Cours d'hist. nat. méd., I, p. 480.

quante ou poivrée (Boutron et Henry, Journ. pharm., 1828, p. 202 et 247). Ce principe particulier est soluble à l'eau et à l'alcool; il se dessèche en plaques minces et transparentes (p. 251).

La graine d'avocatier (*laurus persea*) contient un savon végétal d'une couleur rougeâtre, d'une odeur aromatique, de consistance de cire molle, plus pesant que l'eau, où il est entièrement soluble; il rougit le papier de tournesol, et est combiné dans la graine avec l'acide gallique. (Ricord-Madiana, Journ. pharm., 1829, p. 150.)

CHAPITRE XI.

Des Sécrétions locales qui ne sont jamais rejetées au dehors, ni transportées en nature d'un organe à l'autre.

Nous avons passé en revue, dans les chapitres précédens, toutes les matières qui sont ou rejetées au dehors du végétal, ou agglomérées dans de certaines cavités spéciales, et plus ou moins susceptibles d'être transportées d'une partie du végétal à l'autre; il nous reste à dire quelques mots d'autres matières qui sont bien aussi des sortes de sécrétions, mais qui diffèrent des précédentes sous les rapports suivans :

1°. Elles ne sont jamais ni régulièrement ni accidentellement rejetées au-dehors;

2°. Elles ne sont pas transportées d'une place à l'autre du végétal par aucuns canaux;

3°. Elles se forment dans certaines cellules mêlées le plus souvent avec d'autres matières, et ne peuvent être isolées que par des opérations chimiques;

4°. Elles se trouvent indifféremment dans les parties corticales ou ligneuses, et même dans tous les organes.

L'histoire de ces matières a beaucoup d'intérêt sous le rapport de la chimie et de ses applications, mais peut à peine faire partie de la physiologie, tant est grande l'ignorance où l'on est sur leur formation. Nous les indi-

querons donc plus succinctement encore que les précédentes. Il est vraisemblable que lorsqu'elles seront mieux connues on séparera en plusieurs classes les matières que je laisse ici réunies comme en une sorte d'appendice de l'histoire des sécrétions.

Si la chimie eût été le but de cet ouvrage, j'aurais dû classer entièrement ces substances d'après leurs élémens, et me reporter à la division des matériaux immédiats des végétaux en matériaux *hydrocarbonés*, *suroxigénés*, *surhydrogénés* ou *azotés*, que j'avais déjà admise dans la Théorie élémentaire (1); mais comme mon seul but est de grouper ces matières sécrétées dans le rapport qu'elles peuvent avoir avec la physiologie, j'adopterai ici une division plus vague il est vrai, mais qui cadre mieux avec mon but. J'examinerai donc successivement les matières *acides*, *azotées-neutres*, *alcaloïdes*, *résineuses*; j'y joindrai comme en appendice les matières *tannantes* et *colorantes*, et je terminerai ce chapitre par un tableau synoptique. Ce tableau, destiné à indiquer la composition élémentaire des matériaux immédiats où elle est reconnue, me dispensera, pour chacun d'eux, d'indiquer cette composition, et j'y renvoie d'avance les lecteurs.

---

(1) Théor. élém., éd. 1813, p. 410; éd. 1819, p. 448. Cette division correspond aux premières classes que MM. Henry fils et Plisson ont adoptées dans le Journ. de pharm., 1830, p. 249. Leur cinquième classe, qui comprend les matières sulfurées, ne me paraît pas admissible dans le règne végétal. L'acide sulfo-sinapique a été reconnu un mélange, et non un acide pur. L'albumine végétale ne paraît contenir du soufre que d'une manière adventive; et le soufre, vu sa rareté dans les végétaux, me paraît devoir être rejeté dans le chapitre suivant.

§. 1. Matières acides.

Les chimistes ont en général l'habitude de donner le nom d'acides végétaux à ceux où l'oxigène est uni à une base double, le carbone et l'hydrogène; mais ils savent très-bien aujourd'hui que cette manière de s'exprimer est loin d'être exacte. En effet, d'un côté, ils sont obligés de classer sous cette dénomination un grand nombre d'acides qui n'ont jamais été trouvés dans le règne végétal, bien que, par leur composition ternaire, ils ressemblent aux matières végétales : tels sont les acides oléique, margarique, stéarique, laccique, butirique, qui sont des produits du règne animal, et l'acide mellitique qui provient du règne minéral. 2° Ils seraient obligés, pour être rigoureux, d'exclure de la liste des acides végétaux ceux qui contiennent de l'azote, tels que les acides aspartique, hydrocyanique, etc., qui ne peuvent pas en être écartés au moins sous le rapport qui nous occupe ici.

Parmi les acides dits végétaux par les chimistes, nous devons éliminer comme étrangers à notre but ceux qui ne font pas partie des végétaux vivans : tels sont l'acide succinique qui provient d'un corps d'origine probablement végétale, mais qu'on ne trouve plus à l'état de vie; tels sont encore les acides camphorique, mucique, amylique, pyrotartarique, subérique, nancéique, violacique, indigotique, carbazotique, ricinique, élaïodique, pyromalique, etc., qui sont produits avec des matières végétales, mais par des opérations artificielles, et qui ne se trouvent pas immédiatement dans le végétal.

Les propriétés fondamentales des acides sont, comme chacun sait, de rougir les couleurs bleues végétales, et surtout de faire des sels lorsqu'on les combine avec les alcalis. Outre ces propriétés générales, les acides végétaux sont en général susceptibles de cristallisation, plus ou moins déliquescens, plus ou moins solubles dans l'eau et la plupart dans l'alcool, susceptibles enfin, presque tous, d'être décomposés par l'acide nitrique. On avait cru long-temps que ces propriétés fondamentales des acides étaient dues à une combinaison d'oxigène en quantité surabondante; mais on a appris par plusieurs exemples que l'acidité peut être produite par des causes très-diverses; et, quoique l'oxigénation soit la plus fréquente, elle est loin d'être la seule. Ainsi, pour ne pas sortir de notre sujet, nous trouvons des acides qui appartiennent aux quatre grandes classes des combinaisons végétales, savoir, aux matières hydrocarbonées, suroxigénées, surhydrogénées et azotées. Nous les examinerons dans cet ordre, et dans chaque division, s'il y a lieu, nous distinguerons ceux qu'on trouve dans les végétaux à l'état d'acide libre, et ceux qui ne s'y rencontrent qu'à l'état de combinaison saline.

A. *Acides hydrocarbonés, c'est-à-dire où ni l'oxigène ni l'hydrogène ne sont en dose plus grande que dans l'eau.*

Parmi les acides qui ont été jusqu'ici rapportés à cette division, se trouvent, 1° l'acide gallique qui, selon M. Berzélius, ne contient pas plus d'oxigène qu'il n'en faut pour saturer l'hydrogène; 2° l'acide ulmique ou l'ulmine, dont M. Boullay a donné la composition; 3° l'acide acétique: mais comme la propriété neutre de celui-ci est con-

testée, nous le rejeterons dans la division suivante, et nous mentionnerons seulement ici l'acide ulmique et l'acide gallique dont la composition est à peine différente. (Voy. le tableau.)

a. *Acide ulmique ou ulmine.*

L'ulmine a été d'abord observée (1) dans une exsudation morbide de l'ormeau, d'où elle a reçu son nom. Dès-lors, on l'a, dit-on, retrouvée dans les écorces de pin, de cinchona, de chêne, de charme, de marronier d'Inde, de simarouba; mais il est douteux si elle y est toute formée à l'état de santé, ou si elle ne s'y trouve que par suite d'altérations morbides, ou par l'effet des agens employés à décomposer ces corps. M. Braconnot (2) l'a fabriquée artificiellement en chauffant la sciure de bois dans un creuset avec un poids égal de potasse caustique; puis il l'a trouvée toute formée dans la suie, et l'a formée avec l'acide sulfurique (3), de la sciure de bois et plusieurs autres matières végétales, telles que l'amidon, le sucre de canne, etc. M. Polyd. Boullay (4) l'a trouvée dans le terreau, la terre de bruyère, la terre d'ombre, la tourbe, le fumier, et en général dans la plupart des matières ligneuses ou corticales en décomposition, telles que les fumerons, etc. : il pense qu'il s'en forme aussi dans la distillation du bois. Il est donc douteux si l'ulmine doit être comptée parmi les matériaux immédiats des végétaux vivans, ou parmi ceux de la décomposition morbide ou accidentelle des matières végétales. M. Raspail (5) regarde l'ulmine comme

---

(1) Vauquelin, Ann. chim., 21, p. 44; Thompson, Syst., 4, p. 53; Fée, Cours d'hist. nat., 2., p. 644.

(2) Ann. chim., 12, p. 191.

(3) *Idem*, 12, p. 172.

(4) Journ. pharm., 1830, p. 165-194.

(5) Bull. sc. chim., 8, p. 333.

formée par les débris charbonneux des végétaux, et comme pouvant différer d'elle-même selon son mode de production. M. Sprengel, qui l'a observée dans le terreau, lui a donné le nom d'*acide humique* (1).

L'ulmine, à l'état de pureté et de dessiccation, est un corps noir, peu sapide, inodore et insoluble à l'eau, ce qui a fait qu'on l'a souvent prise pour du charbon, par exemple, dans les eaux de fumier, où elle est abondante. Ce corps est très-soluble dans l'alcool et l'acide sulfurique concentré, la potasse, la soude, l'ammoniaque, et à chaud, dans l'acide acétique; l'eau le précipite de ses dissolutions : il se combine avec toutes les bases salifiables, d'où M. Pol. Boullay lui a donné le nom d'*acide ulmique :* mais il n'a point la saveur acide, ne rougit pas les teintures bleues végétales, et, comme l'acide gallique, ne contient que du carbone et de l'eau, et point d'oxigène surabondant.

Une très-faible quantité d'alcali suffit pour saturer cet acide et le transformer en ulmate. Tous les ulmates alcalins sont très-solubles à l'eau : c'est par sa combinaison avec la potasse que l'ulmine devient soluble dans l'ulcère d'orme où elle a été primitivement trouvée; et c'est par son union avec la chaux, l'ammoniaque ou la potasse, que l'ulmine insoluble des terreaux et des fumiers devient soluble et nutritive pour les plantes. (Voy. liv. V, chap. des Engrais.) Sa remarquable analogie de composition avec les matières nutritives, la gomme, la fécule, etc., explique et confirme sa propriété alimentaire pour les végétaux.

b. *Acide gallique.*

L'acide gallique, qui, comme son nom l'indique, se retire habituellement de la galle du chêne, offre ceci de remarquable, quant à son histoire physiologique, qu'au lieu d'exister dans le végétal à l'état de pureté, ou combiné avec les terres ou les al-

(1) Bull. sc. chim., 10, p. 173.

calis, on le rencontre toujours uni au tannin. La partie soluble de la noix de galle en contient 0,16 : on le trouve encore dans quelques fruits de monocotylédons, tels que l'arec-betel (1); dans les feuilles de *coriaria myrtifolia*, etc. etc.

Cet acide est caractérisé par la couleur bleue qu'il développe quand on le mêle avec un sel soluble de peroxide de fer, et surtout par la couleur noire du précipité formé par cet acide, mis en contact avec une dissolution de fer au *maximum*; ce qui forme l'encre. L'acide gallique cristallise en petites aiguilles blanches; sa saveur est d'abord astringente, ensuite sucrée (2).

Il se sépare du tannin en ce qu'il est soluble à l'alcool pur, qui ne dissout pas le tannin, et qu'il ne précipite pas la colle, comme le fait le tannin. M. Pfaff (3) a bien développé les différences de ces deux corps. Le même chimiste assure (4), que le principe vert qu'on avait cru trouver dans le café n'existe pas, mais que c'est l'acide gallique qui lui donne la propriété de colorer l'albumine en vert.

L'acide gallique diffère à peine de l'acide ulmique par sa composition : aussi M. Dobereiner (5) l'a changé en ulmine, en le dissolvant dans l'ammoniaque caustique et en mettant la dissolution en contact avec l'oxigène.

C'est une question encore débattue entre les chimistes, que de savoir si l'acide ellagique de M. Braconnot est identique avec l'acide gallique ou doit en être définitivement séparé.

B. *Acides suroxigénés.*

Les acides qui contiennent plus d'oxigène qu'il n'en faut pour saturer l'hydrogène, sont de beaucoup les plus

---

(1) Morin, Journ. pharm., 1822, p. 455.
(2) Gay-Luss., leçon 24, p. 30.
(3) Journ. pharm., 1829, p. 435.
(4) Bull. sc. chim., 10, p. 94.
(5) *Idem*, 1, p. 116.

nombreux dans le règne végétal comme dans les deux autres. Ce qu'ils offrent de curieux, c'est l'extrême différence de cet oxigène surabondant : ainsi, pour citer les extrêmes, quelques-uns pensent que l'acide acétique et l'acide gallique n'en contiennent point; et ceux qui leur en attribuent le plus le portent à 2,86 pour le premier, et 5 pour le second; tandis que l'acide oxalique en offre 60. Le tableau synoptique fait connaître ces proportions en détail.

Nous exposerons l'histoire abrégée de ces acides, en commençant par ceux qu'on trouve dans les plantes à l'état de liberté, savoir :

a *Acide acétique.*

L'acide acétique est de tous les acides végétaux celui qu'on rencontre le plus souvent dans la nature vivante ; on le trouve dans la sève de presque toutes les plantes, tantôt libre, tantôt uni à la potasse, comme dans la sève de l'orme, etc. On le retrouve aussi dans certains fruits, par exemple, à l'état d'acétate de chaux dans l'aréca-betel ; il paraît celui de tous qui a la moindre dose d'oxigène, et qui par-là se rapproche le plus de l'état de la gomme, de la fécule, du sucre et de la lignine, d'où doit résulter que la moindre altération dans les proportions de ces quatre matériaux doit tendre à former de l'acide acétique : aussi voyons-nous qu'il se développe facilement, soit dans la fermentation vineuse où il semble produit par l'altération de la fécule, soit dans la distillation du bois où il provient de l'altération de la lignine. Dans ce dernier cas, il se forme d'abord de l'acide pyroligneux, qui, purifié, se réduit à de l'acide acétique. Celui-ci, à l'état de pureté, est susceptible de cristalliser, incolore, volatil, d'une saveur très-forte, et mêlé de 11 parties d'eau sur cent. Livré à lui-même, il attire beaucoup d'humidité, et ne se trouve jamais dans la nature que très-étendu d'eau. La sin-

gulière composition de l'acide acétique n'est pas encore établie avec l'assentiment unanime des chimistes. Ainsi, selon les uns, il n'a que 2,865 d'oxigène, outre celui de l'eau, et, selon W. Prout, il est uniquement composé d'eau (52, 95) et de carbone (47, 05). Cette analogie plus ou moins complète avec la composition de la gomme, du sucre, de la fécule et de la lignine, tend, d'un côté, comme je l'ai dit tout à l'heure, à expliquer la facilité de sa formation, et peut-être, de l'autre, à montrer que l'acidification est un phénomène différent de l'oxigénation, comme on le voit plus évidemment dans la formation de certains acides dits minéraux.

b. *Acide malique.*

L'acide malique, jadis appelé acide *malusien* par M. Guyton-Morveau, avait d'abord été considéré comme distinct de l'acide sorbique de Donovan. MM. Braconnot et Houton-Labillardière ont prouvé que ce dernier n'est autre chose que l'acide malique débarrassé de toutes substances étrangères. Cet acide est un des plus répandus chez les végétaux vivans : il se trouve, 1° dans presque tous les fruits charnus, tels que les pommes, les sorbes, les prunelles et en général les fruits de pomacées, les baies de sureau, d'épine-vinette, des groseillers, du framboisier, du raisin à l'état de verjus, du myrtille, du cerisier; à la surface des fruits des rhus dits vinaigriers, etc. Il est plus abondant avant la maturité absolue et se trouve souvent mélangé avec l'acide citrique. 2° On le trouve à l'état de malate acide de chaux, dans le suc des jonbarbes et des sédum; 3° dans le suc de l'ananas, selon Adet; 4° dans le pollen du dattier, selon Fourcroy; 5° mêlé avec d'autres acides dans la pulpe du tamarin; 6° mêlé à l'acide oxalique dans l'excrétion des poils du pois-chiche; 7° dans les racines du *cyperus esculentus*, soit pur, soit à l'état de malate de chaux, selon M. Lesant (1); 8° dans la gomme-résine nommée ladanum, etc.; 9° dans la coque du Levant, où il avait été pris pour un acide

---

(1) Journ. pharm., 8, p. 501.

particulier qu'on nommait *ménispermique* (1). Il est souvent mélangé de parties extractives ou mucilagineuses, et surtout plus ou moins étendu d'eau. Il est déliquescent, incolore et cristallise en mamelon. Le sucre traité par l'acide nitrique produit des cristaux très-analogues, d'où, ainsi que de l'affinité de leurs élémens, on peut inférer que le sucre et l'acide malique peuvent se changer l'un dans l'autre. La diminution de cet acide dans les fruits qui, en mûrissant, passent à l'état sucré, pourrait bien tenir à une transformation de ce genre opérée dans les cellules. Cet acide serait remarquable, selon quelques-uns, en ce qu'il contiendrait plus d'hydrogène qu'il n'en faut pour neutraliser l'eau.

c. *Acide citrique.*

L'acide citrique, retiré primitivement du citron, comme son nom l'indique, se trouve sans ou presque sans mélange d'acide malique dans le suc des fruits de la famille des aurantiacées, des *vaccinium oxycoccos* et *vitis-idæa*, du *cerasus padus*, du *solanum dulcamara*, du rosier, etc. Il est mêlé avec une quantité à peu près égale d'acide malique dans ceux des groseillers (d'où on a récemment (2) proposé de l'extraire en grand), du myrtille, du cerisier, du fraisier, des ronces, du *cratægus aria*, etc. On l'a retrouvé à l'état de citrate de chaux dans les feuilles du pastel, du choux, et dans le jus d'oignon : il est aussi, dans ce dernier corps, à l'état de citrate de magnésie. Cet acide cristallise en prismes rhomboïdaux, et, dans cet état, contient encore 17 pour cent d'eau de cristallisation. On le réduit dans l'acide citrique soushydraté à n'en plus contenir que 9,5. Sa saveur est très-acide. Sa composition diffère très-peu de celle du sucre, et l'histoire de la maturation rend très-probable qu'il se transforme en sucre par l'effet de la végétation.

---

(1) Boullay, Journ. pharm., 1828, p. 63.

(2) Tilloy, Journ. pharm., 1828, p. 213.

d. *Acide pectique.*

L'acide pectique est très-remarquable par la singulière propriété qu'il possède de former avec l'eau une gelée incolore, légèrement acide au papier de tournesol. Il a été découvert par M. Braconnot, dans les tubercules de dahlia et de topinambour, les tiges de l'*equisetum fluviatile*, les racines de navet, de carotte (1), de scorzonère, de *polygala senega* (2), de cynoglosse (3), de *cynanchum vincetoxicum*, les couches intérieures de l'écorce des arbres exogènes, les fruits, les graines, les tiges et les feuilles d'un grand nombre de plantes herbacées. Sa composition n'est pas connue; il se transforme facilement en acide oxalique sous une influence alcaline faible. M. Raspail (4) croit qu'il est formé par le ramollissement que les alcalis déterminent sur les membranes végétales; il dit en avoir obtenu en traitant de la sciure de bois par la potasse caustique, puis par un acide.

e. *Acide rhéique.*

L'acide rhéique ou rheumique d'Anderson (5), trouvé dans le suc des tiges ou côtes de la rhubarbe, cristallise en aiguilles, est soluble dans 2 parties d'eau, mais est encore peu connu quant à ses caractères, et tout-à-fait inconnu quant à ses élémens. On assure qu'il n'est autre que l'acide oxalique.

g. *Acide kramérique.*

L'acide kramérique, observé par M. Peschier (6), dans la

---

(1) Vauquelin, Journ. pharm., 1829, p. 340.

(2) Feneuille, Journ. chim. méd., 2, p. 437; Dulong, Journ. pharm., 1827, p. 567.

(3) Cénedilla, Journ. pharm., 1828, p. 622.

(4) Bull. sc. chim., 8, p. 333.

(5) Ann. philos., 8, p. 247.

(6) Journ. pharm., 1820, p. 34.

racine de ratania (*krameria triandra*), offre, selon lui, la propriété de former avec des alcalis des sels qui cristallisent, et qui décomposent les sels à base de baryte et de strontiane ; mais sa composition est inconnue, et son existence est contestée par M. Chevallier (1).

h. *Acide ginckoïque.*

L'acide ginckoïque (2), découvert par M. Peschier dans la chair du fruit du *gincko biloba*, est trop peu connu pour être encore définitivement admis.

i. *Acide glaucique.*

M. Runge (3) a annoncé avoir découvert d'abord dans le *scabiosa succisa*, dans les dipsacées, les composées, les caprifoliacées, les ombellifères et les plantaginées, et dans presque toutes les parties de ces plantes, un acide qu'il nomme glaucique. Il se présente en une masse jaunâtre, cassante, qui rougit le papier de tournesol, et neutralise l'ammoniaque, en formant une combinaison jaune, laquelle, par le contact de l'air, prend une couleur bleue verdâtre. L'acide à l'air n'éprouve aucun changement. En versant une goutte d'ammoniaque sur une feuille fraîche ou sèche des plantes citées plus haut, on reconnaît, par la coloration, la présence de l'acide glaucique.

Les rubiacées, selon le même chimiste, contiennent un principe qui devient bleu quand on le chauffe avec l'acide hydrochlorique étendu.

k. *Acide lichénique.*

L'acide lichénique, obtenu par M. Pfaff du lichen d'Islande, est analogue à l'acide bolétique, mais forme avec la baryte un

(1) Dict. des drogues, 1, p. 122.

(2) Bibl. univers., 17, p. 53.

(3) Brandes, Archiv., 27, p. 312 (1828). Fer., Bull. sc. chim., 11, p. 384.

sel insoluble dans l'eau. Le lichen en infusion ou décoction rougit les dissolutions de fer. Berzélius l'avait pris pour de l'acide gallique qui, selon Pfaff, ne donne pas cette couleur (1).

l. *Acide sélinique.*

L'acide sélinique a été extrait par M. Peschier des racines du *selinum palustre*. S'il est mêlé avec des sels de fer sous-oxidés, il forme un précipité blanc, et de même avec les hyper-oxidés, pourvu qu'on ajoute une solution alcaline (2).

Les acides que je viens d'énumérer sont les seuls qu'on trouve libres dans les plantes vivantes; et la rareté des six derniers dans la nature est telle, qu'on doit surtout fixer son attention sur les premiers. Il nous reste à passer rapidement en revue ceux qu'on n'a trouvés, dans la nature vivante, qu'à l'état de combinaison; tels sont les suivans :

m. *Acide oxalique.*

L'acide oxalique pourrait encore appartenir à la première série, puisqu'on dit qu'il est exsudé par les poils du *cicer arietinum;* mais il est beaucoup plus fréquent sous forme de sel : ainsi, on le trouve à l'état d'oxalate de chaux dans les racines ou les rhizomes de saponaire, dictame blanc, ononis, tormentille, ache, fenouil, carline, valériane, asclépias, orcanette, mandragore, patience, iris de Florence, zédoaire, gingembre, curcuma, scille et dans les écorces de simarouba, sureau, cannelle et cascarille; à l'état d'oxalate de potasse dans le suc de bananier; de binoxalate de potasse, vulgairement sel d'oseille, dans les parties foliacées des *rumex acetosa* et *acetosella*, de l'*oxalis acetosella*, de *rheum palmatum*, et proba-

(1) *Journ. f. chem. physik.*, 1826, p. 476; Bull. sc. chim., 8, p. 270.

(2) Peschier, Bull. sc. chim., 10, p. 353.

blement du *berberis spinosa;* de quadroxalate souvent mêlé avec le précédent, enfin à l'état d'oxalate de soude dans les salsola.

L'acide oxalique est caractérisé par sa cristallisation en prismes quadrilatères à sommets dièdres, par sa saveur très-forte et sa vive action sur le tournesol, enfin, par sa grande affinité pour la chaux qu'il enlève à tous les autres acides; ce qui explique le grand nombre de plantes qui contiennent de l'oxalate de chaux. Il est de tous les acides végétaux celui qui contient le plus d'oxigène et le moins d'hydrogène, si tant est que celui qu'on a cru y trouver ne soit pas dû à son eau de cristallisation. MM. Dulong et Berzélius pensent qu'à l'état ordinaire, il contient 42 pour cent d'eau, et que par la chaleur on le réduit à 14 pour cent, mais que dépouillé de toute son eau, il ne contient que deux atomes de carbone, et trois d'oxigène, soit 33,78 de carbone et 66,22 d'oxigène, et point d'hydrogène. Or, si on le compare à l'acide carbonique, qui contient 27,37 de carbone et 72,62 d'oxigène, il semblerait être un acide carboneux, ou un corps intermédiaire entre l'oxide de carbone (qui a 43 de carbone et 57 d'oxigène) et l'acide carbonique. D'autres chimistes y ont admis un peu d'hydrogène, 2,745 sur 100. Mais cette opinion paraît abandonnée, et la facilité avec laquelle le charbon rouge convertit l'acide oxalique en oxide de carbone et en acide carbonique, prouve son extrême affinité avec ces corps.

M. Gay-Lussac transforme au moyen de la potasse caustique, en chauffant modérément, la sciure du bois ou d'autres substances végétales, telles que l'amidon, la gélatine, l'huile de colza, etc., en acide oxalique.

n. *Acide tartrique.*

L'acide tartrique ou tartarique ne se trouve presque jamais pur dans les végétaux. Il est abondant dans le suc de raisin, où il se présente sous la forme de dépôt, nommé *tartre :* il y est combiné avec la potasse et la chaux; on le trouve aussi combiné à ces deux bases dans le lichen d'Islande. M. Vauquelin l'a retrouvé à l'état d'acide dans la pulpe du tamarin, et M. Tromsdorf dans la baie du sumac. On ne le connaît point à l'état

anhydre ; hydraté, il contient encore 11,84 d'eau : c'est à cet état qu'il existe dans les végétaux.

o. *Acide équisétique.*

A été trouvé combiné avec la magnésie dans l'herbe de *l'equisetum fluviatile*, par M. Braconnot (1). Il est inaltérable à l'air, cristallise ou en cristaux confus ou en petites aiguilles radiées. Il est moins aigre et moins soluble que l'acide tartrique ; au feu il se fond et se boursouffle. Il forme des sels déliquescens avec la potasse et la soude, des sels cristallisables avec l'ammoniaque, des sels solubles à l'eau avec les terres. Sa composition est inconnue.

p. *Acide morique.*

L'acide morique ou moroxylique n'existe que combiné à la chaux, sous la forme de petits grains d'un brun jaunâtre et noirâtre sur l'écorce du mûrier blanc. Il paraît formé par quelqu'altération morbide du mûrier et ne pas exister à l'état de santé.

q. *Acide kinique.*

L'acide kinique n'a été trouvé qu'uni à la chaux, et peut-être avec la quinine et la cinchonine dans l'écorce de quinquina ; ses cristaux sont transparens, très-acides, point amers et inodores. A l'état de siccité, ils ne s'altèrent point à l'air ; par la chaleur on en obtient un autre acide nommé *pyro-kinique* (2). Il est encore mal connu, ainsi que le précédent.

r. *Acide méconique.*

L'acide méconique n'a encore été trouvé que dans l'opium, combiné avec la morphine, et on ne connaît pas la proportion de ses élémens. Il cristallise en longues aiguilles, en lames carrées ou en ramifications formées d'octaèdres alongés. Il est très soluble à l'eau et à l'alcool.

---

(1) Ann. phys. et chim., 39, p. 111.
(2) Henry et Plisson, Journ. pharm., 1829., 389.

s. *Acide igasurique.*

L'acide igasurique n'a encore été rencontré que dans la fève Saint-Ignace (graine de l'*ignatia amara*), unie à la strychnine.

Enfin, parmi les acides qui ne sont pas acides végétaux proprement dits, mais qu'on trouve cependant dans les plantes, nous énumérons :

1°. L'acide phosphorique qui, mêlé à l'acide malique, se trouve, dit-on, à l'état libre dans le marronier d'Inde (1), les fleurs de verbascum (2), l'ergot des céréales (3), les bulbes d'oignon (4), les racines de la pivoine officinale pour 1/500 (5); à l'état de phosphate de chaux dans le suc de la chélidoine (6), les graines de moutarde noire (7), les racines de *polygala senega.*

2°. L'acide muriatique ou hydrochlorique, qui se trouve à l'état de malate de potasse dans l'écorce de Winter (8), à l'état libre dans les feuilles de pastel (9), à l'état de muriate de magnésie, dans l'écorce de cannelle blanche (10).

3°. L'acide carbonique qui fait comme la base de la végétation, et qui diffère de la plupart des acides végétaux, parce qu'il ne contient point d'hydrogène; les acides oxalique, amylique et croconique partagent, dit-on, avec lui cette particularité et ces

---

(1) Vauquelin, Journ. pharm., 1810, v. 2.
(2) Morin, Journ. pharm., 2, p. 223.
(3) Vauquelin, Ann. chim., 48, p. 98.
(4) *Ib. ib.*, 65, p. 161.
(5) Morin, Jour. pharm., 10, p. 288.
(6) Chevallier, Journ. pharm., 3, p. 431.
(7) Thibierge, Journ. pharm., 5, p. 446.
(8) Henry, Journ. pharm., 5, p. 480.
(9) Chevreul, Ann. chim., 68, p. 284.
(10) Henry, Journ. pharm., 5, p. 488.

divers acides semblent former une classe spéciale d'acides végétaux à composition binaire.

C. *Acides surhydrogénés.*

La plupart des résines, et, selon quelques-uns, toutes les résines, appartiennent à cette division. J'en ai déjà dit quelques mots dans le chapitre précédent, et je ne reprends ici ce sujet que pour mentionner quelques-unes de ces matières où la propriété acide est assez prononcée pour qu'on les ait classées parmi les acides, et décorées de ce nom; telles sont les suivantes :

a. *Acide abiétique.*

L'acide abiétique (1) est une résine acide, retirée de la térébenthine par M. Cailliot; il rougit la teinture de tournesol; à l'aide de la chaleur, il se dissout dans l'alcool, l'éther et le naphte; il perd 5 pour cent d'eau en se combinant aux bases.

b. *Acide pinique.*

L'acide pinique de Unverdorben (2) provient de la térébenthine du pin sauvage, et est lui-même une résine de la 2e classe de cet auteur. Il ne forme que des combinaisons neutres, et la plupart des pinates sont solubles dans l'acide pinique et dans l'alcool quand ils sont purs. Il paraît voisin de l'acide succinique.

c. *Acide sylvique.*

L'acide sylvique se trouve, d'après le même auteur, dans les résines du pin sauvage et du sapin, et paraît identique avec la matière cristalline trouvée par M. Riess dans la poix blanche;

---

(1) Essai sur les térébenthines; Strasbourg, 1830; Journ. pharm., 1830, p. 439.

(2) Ferruss., Bull. sc. chim., 10, p. 164.

il se sépare des résines traitées par l'alcool bouillant, et cristallise par le refroidissement, et alors il se dissout dans l'alcool froid; il n'est pas soluble à toutes proportions dans l'éther et l'alcool, mais bien dans les huiles volatiles. Il forme avec les alcalis fixes des sels acides.

d. *Acide benzoïque.*

L'acide benzoïque ne se trouve, parmi les végétaux principalement, que dans les baumes (chap. 5), dans le vernis de la Chine (1). Il a été retrouvé, par M. Vogel, dans les fèves de tonka, dans les fleurs de melilot, et dans deux graminées: l'*holcus odoratus* et l'*anthoxanthum odoratum* (2). Il est solide, blanc, un peu ductile, inodore, de saveur piquante, un peu amer, peu soluble à l'eau, et beaucoup plus à l'alcool; il contient deux fois autant d'hydrogène qu'il en faut pour saturer l'oxigène, et se rapproche ainsi de la nature des résines avec lesquelles il se trouve mélangé ou combiné dans l'état de nature.

. *Acide kahincique.*

L'acide kahincique (3) est le principe amer de la racine du cahinca, soit *chiococca anguifuga*. Il cristallise en aiguilles blanches, déliées et groupées; sa saveur, d'abord nulle, devient ensuite marquée à la gorge. Il ne se dissout que dans plus de 600 parties d'eau ou d'éther; très-facilement au contraire dans l'alcool. Il rougit le tournesol, se combine avec les bases, et les

---

(1) Macaire-Prinsep, Mém. de la soc. d'hist. nat. de Genève. vol. 3, p. 131. — Journ. pharm. 1829, p. 531.

(2) Journ. de pharm., 1826, p. 64. On ne désigne pas l'organe où cet acide a été trouvé. Est-ce dans les rhizomes, qui sont la partie la plus odorante de ces plantes? est-ce dans les feuilles? ce qui semble résulter de ce que l'auteur attribue l'acide benzoïque de l'urine des animaux à leurs alimens.

(3) François Caventou et Pelletier, Journ. pharm., 16, p. 465; Ann. de phys. et chim., 44, p. 291.

sature comme les acides. Combiné avec la chaux, il forme un mélange soluble à l'alcool, et qui, en se refroidissant, forme des flocons alcalins : il paraît exister dans la plante combiné avec la chaux.

f. *Acide phocénique.*

Cet acide, que M. Chevreul (1) a trouvé d'abord dans l'huile des dauphins et des marsouins, puis dans les baies de *viburnum opulus*, peut à peine, vu sa rareté, compter dans les produits végétaux. Il est remarquable par la quantité d'hydrogène qu'il contient (Voy. le tableau), et parce que, chauffé avec le contact de l'air, il brûle à la manière des huiles volatiles.

g. *Acide stéarique.*

L'acide stéarique, qui est fort abondant dans le règne animal, et qui contient un excès notable d'hydrogène (11,56), a été, dit-on, retrouvé dans la graine du mango (*mangifera indica*). M. Avequin (2) y a reconnu 2,3 sur 100 d'une matière grasse, qui est soluble à chaud dans l'alcool, l'éther sulfurique et l'éther acétique, qui cristallise par le refroidissement, et qui paraît, selon lui, identique avec l'acide stéarique.

D. *Acides azotés.*

a. *Acide hydrocyanique.*

L'acide hydrocyanique ou acide prussique ne se trouve pas tout formé dans le règne animal, mais se produit facilement en traitant les matières animales ; il est, comme on sait, très-remarquable par l'absence totale de l'oxigène dans sa composition (Voy. le tableau) ; il semble formé d'hydrogène, uni à une base appelée cyanogène, qui est elle-même composée de carbone et d'azote. Cet acide extraordinaire existe, selon les uns, tout formé

(1) Leçons de chimie tinct. 20, p. 53.
(2) Journ. pharm., 1831.

dans les feuilles de laurier-cerise, de pêcher, de mahaleb, et dans les graines d'amandes amères, de cerises noires (*cerasus avium*), de pêches, d'abricots, etc.; dans les pétales du pêcher et dans quelques écorces jeunes des mêmes arbres; il est ainsi comme confiné dans la tribu des rosacées-amygdalées. M. Fée dit cependant que les fruits à pepins des pomacées en contiennent aussi un peu (1). Selon d'autres chimistes, les amygdalées renfermeraient le cyanogène dans un état différent de l'acide hydrocyanique. Cet acide, comme on sait, est volatil et très-vénéneux. Dans toutes ces plantes, il est plus ou moins mélangé avec une huile volatile, que les uns disent n'être vénéneuse qu'à raison de ce qu'il y reste mêlé un peu d'acide hydrocyanique, mais que d'autres soutiennent être vénéneuse par elle-même; et son effet sur les plantes confirme cette assertion (Voy. liv. V, chap. XII). C'est cet acide qui passe à la distillation, lorsqu'on laisse des noyaux avec la pulpe des cerises, et qui communique au kirschwasser le goût de noyau.

b. *Acide aspartique.*

Il a été retiré des jeunes pousses de l'asperge par M. Plisson (2); il cristallise en longs prismes à 4 pans, à sommets dièdres, transparens, incolores et inodores. Il est plus soluble dans l'eau à chaud qu'à froid, et est insoluble dans l'esprit de vin à la température ordinaire. Chauffé à l'air, il se décompose en laissant une odeur animale. Chauffé dans le vide, il forme de l'ammoniaque et de l'acide prussique. Bouilli dans l'eau avec la fécule, il l'empêche de se colorer par l'iode, comme le fait l'acide kinique et plusieurs autres acides végétaux (3); il tend aussi à la convertir en sucre: ses sels sont tous décomposés par le feu; quelques-uns donnent de l'ammoniaque.

---

(1) Cours d'hist. nat. pharm., 2, p. 98.

(2) Plisson, Journ. pharm., 1829, p. 269; Ann. phys., 40, p. 310.

(3) Couverchel, Journ. pharm., 1821.

c. *Acide fungique.*

C'est probablement ici qu'il faut placer l'acide fungique, que M. Braconnot a trouvé dans la plupart des champignons charnus; il est en grande partie libre dans le *peziza nigra* et uni à la potasse dans le *boletus juglandis*. Il est très-aigre, incristallisable, incolore, déliquescent. Sa composition élémentaire n'est pas connue; mais je présume qu'il contient de l'azote par analogie avec tous les produits des champignons. Diffère-t-il de l'acide bolétique?

§. 2. Des matières azotées neutres.

On a long-temps regardé l'azote comme un des élémens propres au règne animal, et on considérait comme des exceptions rares les végétaux qui en démontraient la présence, tels que les crucifères et les champignons. On sait aujourd'hui que ce fait est beaucoup moins borné qu'on ne l'avait cru; non-seulement l'azote se trouve à l'état de gaz dans toutes les cavités aériennes des végétaux, non-seulement il se montre sous forme d'ammoniaque dans plusieurs décompositions végétales, mais encore il entre comme partie constituante dans plusieurs principes immédiats assez répandus dans les végétaux. Chez quelques-uns il paraît être en quantité si petite, que sa présence est encore controversée : telles sont la fécule et la gomme, où M. Th. de Saussure en admet environ 1/2 pour 100; telles sont les huiles volatiles, où le même savant en admet aussi une quantité qui n'atteint pas 1 pour 100. En laissant de côté ces matières où l'azote est en si faible quantité, nous relaterons ici seulement les matériaux plus sensiblement azotés. Ces matériaux peu-

vent se ranger sous trois divisions : 1° les matières azotées acides, énumérées sous l'article précédent; 2° les matières azotées alcalines, qui feront l'objet du suivant; et 3° les matières azotées neutres, qui seront traitées dans celui-ci. Parmi celles-ci nous distinguerons deux séries : les unes qui, quoique azotées, sont propres au règne végétal; les autres qui, se trouvant plus abondamment dans les animaux, ont été retrouvées dans quelques plantes, tout comme des matières uniquement composées de carbone, d'oxigène et d'hydrogène, telles que la cétine, etc., se trouvent dans le règne animal. Avant de les passer en revue, observons qu'aucune de ces matières ne se présente à l'état de pureté dans les végétaux; mais toutes font partie de sucs ou de tissus composés, de telle sorte que l'analyse chimique peut seule les isoler et les faire connaître. Leur histoire physiologique est donc très-obscure; leur histoire chimique, quoique fort élaborée depuis quelques années, laisse encore bien des ambiguités; elle offre un grand intérêt d'application, puisque la plupart de ces matières jouissent de propriétés très-actives, et qu'en les séparant de la matière inerte qui les entoure, on peut espérer d'en obtenir des médicamens très-actifs et très-homogènes, ou des matières colorantes, sapides, odorantes, à un degré très-intense.

Outre les matières ci-après désignées, on trouve dans une foule de plantes des substances azotées plus ou moins abondantes, mais mal déterminées encore : telles sont celles qui ont été notées dans la racine de colombo (1),

(1) Planche, Bull. pharm., 3, p. 289.

de pareira-brava (1), de *jonidium ipecacuanha* (2), les feuilles du pastel (3), les graines de lin (4), l'écorce d'angustura, d'après Thompson, l'herbe de la grande absinthe, d'après Braconnot, dans la bourrache, d'après Milne-Edwards (5), etc., etc.

A. *Matières propres au règne végétal* (6).

a. *Gluten.*

Le gluten avait été primitivement nommé principe *végéto-animal*, parce qu'il se rapproche par sa composition des matières animales. Il se confond quelquefois avec la glutine dans les analyses, et peut-être même, d'après M. Link, ces deux principes doivent-ils être réunis. On obtient le gluten en malaxant sous un filet d'eau de la pâte de farine de froment et d'autres céréales. C'est une matière visqueuse, extensible, élastique, flexible, insipide, un peu grisâtre, qui paraît contenir de l'eau, et qui en la perdant par l'évaporation, perd aussi son élasticité et devient cassante. Il ne se dissout pas dans l'alcool, se dissout un peu dans l'eau, et mieux dans l'acide acétique. Il en est précipité par le chlore et par l'infusion de noix de galle. Abandonné à lui-même, il fermente et exhale une odeur fétide analogue aux matières animales. Il donne de l'ammoniaque par la putréfaction.

Cette matière se trouve toute formée dans l'albumen de la

(1) Feneuille, Journ. pharm., 7, p. 407.
(2) Pelletier, Journ. pharm., 3, p. 158.
(3) Chevreul, Ann. chim., 68, p. 284.
(4) Vauquelin, Ann. chim., 80, p. 314.
(5) Man. mat. méd., p. 419.
(6) L'indigo et les autres matières colorantes azotées seront indiqués plus tard à l'article des matières colorantes.

graine des graminées dites céréales, savoir, les fromens, les seigles et les orges. M. Raspail pense s'être assuré que le gluten est la partie membraneuse des cellules de l'albumen qui renferment la fécule, et que ces membranes ne contiennent de l'azote que parce qu'elles emprisonnent de l'air atmosphérique; mais cette opinion n'est pas adoptée par les autres chimistes; et on ne saurait, en effet, comprendre, jusqu'à preuve nouvelle, pourquoi ces membranes différeraient tant des autres membranes végétales. Par la fermentation, le gluten développe une assez grande quantité de gaz hydrogène et d'acide carbonique; c'est sa présence dans la farine de ces céréales, qui permet d'en faire une pâte ductile, et qui y fait développer ces cavités aériennes ou yeux qui distingue le pain d'avec les gâteaux faits avec de la fécule. Les proportions de matières amylacées et glutineuses qu'on trouve dans diverses farines sont les suivantes :

Sur 100 parties.	Fécule.	Gluten.
Froment, selon Proust	74,5	12,5 (1)
— — Vogel	68,0	24,0
— D'automne, selon Davy	77,0	19,0
— De printemps, *id*	70,0	24,0
— De Barbarie, *id*	74,0	23,0
— De Sicile, *id*	75,0	21,0
Epeautre, selon Vogel,	74,0	22,0
Orge de Norfolk, selon Davy,	79,0	6,0
Orge, selon Vogel,	87,0	3,0
Seigle de Suffolk, selon Davy,	61,0	5,0
Avoine, selon Davy,	59,0	6,0
— — Vogel,	59,0	0, (2)

(1) Selon Henry (Journ. pharm., 1829, p. 129), les farines pures du commerce contiennent 10 1/4 de gluten sur cent. Cette quantité se réduit à 5 ou 6 dans celles qui sont altérées par un mélange de fécule.

(2) Le gluten est remplacé, selon Vogel, par 4,30 d'albumine végétale, soit glutine.

Sur 100 parties.	Fécule.	Gluten.	
Riz de Caroline, selon Vogel.........	85,07	3,60	
Riz de Piémont, *id*	83,80	3,60	
Maïs, selon Bizio,.............	80,92	0,	(1)
Pois, selon Einhoff,.................	32,95	14,58	(2)
Fève, *id.*	34,0	10,70	
Haricot, *id.*	46,0	22,0	
Lentille, *id*	32,0	36,0	
Sarrasin, selon Zenneck,.............	52,29	10,47	

Au reste, ces quantités sont bien loin d'être fixes, et tiennent beaucoup à la nourriture que la plante a reçue. En effet, M. Hermbstædt (3) a déterminé par l'expérience l'influence des divers engrais sur la quantité proportionnelle d'amidon et de gluten que renferme le grain de froment, comme suit. Sur 100 :

	Gluten.	Amidon.
Le froment engraissé avec urine d'homme a fourni	35,10	39,30
— sang de bœuf, —	34,24	41,30
— fumier d'homme, —	33,14	41,44
— — de chèvre, —	32,88	42,43
— — de cheval, —	13,68	61,64
— — de pigeon, —	12,20	63,18
— — de vache, —	11,95	62,34
— terre de détritus, —	9,60	65,94
— sol non fumé, —	9,20	66,69

D'où l'on voit, 1° que l'amidon paraît en général diminuer quand le gluten augmente, et réciproquement; 2° que la quan-

(1) Le gluten y est remplacé par 5,75 d'une matière très-analogue, que l'auteur nomme *zéine*. Vauquelin n'y a trouvé que des traces de gluten à peine perceptibles.

(2) Cette matière végéto-animale est peut-être plutôt de la glutine, ainsi que dans les suivantes, car aucune, lorsqu'elle est pure, n'est susceptible de faire du pain.

(3) Bull. des scienc. agricol, 7, p. 162.

tité du gluten est généralement plus grande dans les terrains qui contiennent plus de matière azotée.

Le gluten se détruit en partie dans l'acte de la germination. Ainsi, M. Proust en a trouvé 3/100 dans la farine d'orge non germée, et 1/100 seulement dans celle qui avait germé.

Le gluten paraît avoir besoin de plus de chaleur, pour se développer, que l'amidon. Au moins Davy en a trouvé davantage dans la farine des fromens des pays méridionaux, que dans ceux des pays septentrionaux; mais comme on ignore s'il a opéré sur des variétés semblables, on ne peut rien conclure d'affirmatif d'après ce fait isolé.

La matière glutineuse manque dans toutes les farines tirées des racines, des tiges ou de la plupart des graines. On en retrouve des traces dans le parenchyme vert des feuilles. Le gluten a été indiqué dans les feuilles de chou, de sedum, de cresson, de ciguë, de bourrache, de safran, de pastel, etc.; dans les pétales de la rose, dans les baies du sureau, du raisin, etc.; dans les glands, les châtaignes, les marrons d'Inde, les pois, les fèves, etc.

Hermbstædt (1) a trouvé que la matière glutineuse des diverses céréales n'est pas entièrement identique, et propose de les nommer *triticine*, *sécaline*, *hordéine* (nom qui indique une matière fort différente de l'hordeine de Proust), et *avénaïne*; cette dernière en particulier diffère beaucoup de toutes les autres. Cette division n'a pas été admise, soit parce qu'il y a à craindre que ces différences soient dues à quelque mélange, soit parce qu'on serait obligé de séparer outre mesure les produits des êtres organisés, si on voulait tenir compte des moindres nuances.

L'alcool sépare le gluten en deux parties : l'une qu'il dissout, présente toutes les particularités propres au vrai gluten, et doit en garder le nom (2); l'autre, qui n'est pas soluble dans l'alcool,

---

(1) *Annal d. landwirthsch*, vol. XXII, p. 1; Bull. sc. agricol., 13, p. 217.

(2) Gay-Lussac, leçons, 31, p. 13.

paraît être de l'albumine végétale ou de la glutine. L'acide acétique sépare aussi le gluten en deux parties, de sorte qu'il est douteux qu'il ne soit pas une matière composée.

b. *Glutine ou albumine végétale.*

La glutine a de si grands rapports avec l'albumine animale, que, quoique jadis signalée par M. Rouelle comme distincte, elle a été confondue avec elle par la plupart des modernes : les travaux de Proust et de M. Soubeiran (1), tendent à l'en séparer. D'après ce dernier, la glutine ou albumine végétale est incolore, de la même densité que l'eau; lorsqu'elle est en dissolution, la liqueur se trouble à 40°, se coagule entre 50 et 60°, et la matière se sépare complétement entre 60 et 70°. L'eau ne la dissout point quand elle est coagulée. L'alcool ne la dissout point, et la précipite de ses dissolutions; l'ammoniaque la dissout mal; les alcalis fixes la dissolvent et l'altèrent. Elle se combine aux acides et aux matières colorantes : peut-être ne la connaît-on pas à l'état de pureté. Cette matière a été indiquée par les chimistes dans les sucs d'une foule de plantes, et dans presque tous leurs organes, savoir : dans les graines du *delphinium staphisagria*, du pois, de la fève, de l'amande douce, du café, de l'aunée, des bassia, du *croton tiglium*, du *jatropha curcas*, du châtaignier, de maïs, de riz, d'avoine, dans le gluten des céréales, etc.; et dans les racines d'*aconitum lycoctonum*, de *polygala senega*, d'*althæa officinalis*, de *bryonia dioica*, de *menyanthes trifoliata*, de *spigelia marylandica*, de jalap, des *convolvulus arvensis* et *sepium*, de pomme de terre, d'aristoloche serpentaire, d'*asarum*, d'asperge, de *cyperus esculentus*, etc.; dans la bulbe de l'ail cultivé, dans les fleurs d'oranger et la pulpe de son fruit, les fleurs du *genista tinctoria*, du *rosa gallica*, du *carthamus tinctorius*, d'*arnica montana*; dans l'écorce de *cannella alba*, de *rhamnus frangula*; dans le stigmate du safran; dans les feuilles du séné,

(1) Journ. de pharm., 1828, p. 397.

de la ciguë, de stramoine, de tabac, de *mercurialis ;* dans les sucs laiteux de la laitue vireuse, de l'*hevea guianensis*, du *jatropha curcas ;* dans les agarics charnus, le *fucus vesiculosus*, etc.

c. *Pollénine.*

John (1) a donné le nom de pollénine à une matière qu'il a observée dans les pollens de pin et de sapin, et dans le lycopode. Elle a, selon lui, des rapports avec le gluten et l'albumine, notamment parce que l'ammoniaque qu'elle dégage annonce qu'elle contient de l'azote. Elle est jaune, insipide, inodore, inaltérable à l'air, insoluble dans l'eau, l'alcool, l'éther, les huiles grasses volatiles ; elle se dissout dans les lessives alcalines et brûle comme la poudre de lycopode. Bucholz (2) avait déjà observé cette matière dans le pollen du sapin. Fourcroy et Vauquelin (3) indiquent aussi une substance azotée dans le pollen du dattier. Gotthuss (4) la désigna sous le nom d'albumine dans le pollen de tulipe. M. Braconnot (5) l'a retrouvée dans le pollen du *typha latifolia ;* mais il observe, 1° qu'elle est moins azotée que dans les exemples cités, et pour ainsi dire imputrescible ; 2° que la matière jaune en est séparable. M. Macaire (6), qui a analysé le pollen de cèdre par l'oxide de cuivre, n'y trouve point d'azote, mais seulement 40,0 de carbone, 48,3 d'oxigène, et 11,7 d'hydrogène, ce qui pourrait faire craindre que l'azote, qu'on a cru reconnaître dans d'autres cas fût, ainsi que M. Raspail (7) le soupçonne par d'autres considérations, très-étranger à la nature réelle de ces corps. Il suffit, au reste, de jeter les yeux

---

(1) *Chem. research.*, vol. 4, cité par Thompson, syst. 4, p. 116.

(2) Cité dans Ann. d'obs., 3, p. 389.

(3) Ann. du mus. d'hist. nat., 1, p. 417.

(4) Schweigg., Journ., XI, p. 281.

(5) Ann. de phys. et chim., XLII, p. 104.

(6) Bibl. univ., 1830, janvier, p. 45.

(7) Ann. sc. d'observat., 3, p, 443.

sur les analyses des pollens, pour voir que cet organe n'est pas moins compliqué sous le rapport chimique que sous le point de vue organographique. Ce n'est donc qu'avec doute qu'on peut admettre la pollénine parmi les matériaux, et spécialement parmi les matériaux azotés des végétaux.

La poudre de lycopode, citée par les auteurs comme contenant de la pollénine, n'a offert à M. Macaire que 50,0 de carbone, 39,2 d'oxigène, 8,6 d'hydrogène, et 0, azote. Peut-être a-t-on analysé sous ce nom le pollen de typha, qu'on confond souvent avec le vrai lycopode dans le commerce.

d. *Berbérine.*

MM. Buchner et Herberger (1) ont récemment extrait de la racine de l'épine-vinette une matière azotée, qu'ils ont nommée berbérine, mais que je place ici avec doute, vu que les extraits de leur mémoire qui sont venus à ma connaissance ne disent pas si elle est neutre ou alcaline. On en trouve 0,18 dans la racine de berberis. Elle est d'un rouge brun, très-amère, décomposable par la chaleur à 60° R., soluble dans l'eau et l'alcool, mais non dans l'éther. Quand on verse dans sa dissolution concentrée une goutte de ferro-cyanure de potassium, elle forme un coagulum composé d'un disque jaune et friable, entouré d'une bande blanchâtre, qui disparaît quelques secondes après. (*Voy.* sa comp. au tabl.)

e. *Asparagine.*

L'asparagine a été trouvée dans le suc de l'asperge par MM. Vauquelin et Robiquet, et a dès-lors été particulièrement étudiée par MM. Henry et Plisson (2). C'est une matière solide, incolore, inodore, qui craque sous la dent. Elle a une saveur fraîche; elle cristallise en prisme hexaèdre droit rhomboïdal, et en octaèdre rectangulaire. Elle est peu soluble dans l'eau,

---

(1) Journ. de pharm., XVII, p. 39.
(2) Journ. pharm., 1830, p. 211.

inaltérable à l'air et à la plupart des réactifs ; ne se modifie ni par l'iode, ni par le brôme, ni par le chlore ; n'agit point sur le sirop de violettes, mais rougit le tournesol. Elle est insoluble dans l'alcool, les huiles, l'éther sulfurique, mais soluble dans les alcalis concentrés. Mise en contact avec l'hydrate de plomb, elle donne naissance à un sel insoluble (1). Par la chaleur et l'acide nitrique, elle dégage de l'ammoniaque : ce fait, et mieux encore l'analyse de MM. Plisson et Henry, ont démontré qu'elle contient de l'azote.

Dans l'asperge, cette matière n'est pas celle qui détermine la fétidité que cet aliment donne aux urines : cette propriété tient à l'extrait aqueux. L'asparagine a été retrouvée par Link dans les ornithogales ; par Vauquelin (2), dans quarante-sept variétés de pommes de terre. Il paraît que la matière d'abord décrite sous le nom d'*agédoïte* (3) n'est autre que l'asparagine, qui par conséquent se retrouve dans les racines de réglisse. La matière décrite sous le nom d'*althéine* (4), paraît encore identique avec celle-ci, et se trouve dans les racines de guimauve et de consoude.

f. *Amygdaline.*

L'amygdaline est, selon MM. Robiquet et Boutron, une matière cristalline blanche, inodore, inaltérable au contact de l'air, d'une saveur amère, très-soluble dans l'alcool, cristallisant par refroidissement en aiguilles rayonnantes, dégageant une odeur ammoniacale quand on la chauffe avec de la potasse caustique, et contenant en effet un peu d'azote. C'est elle qui paraît donner sa saveur à l'amande amère ; car ni l'acide benzoïque ni l'huile volatile d'amandes amères ne préexistent dans le fruit. Il est probable qu'elle se retrouvera dans plusieurs autres

---

(1) Plisson, Journ. pharm., 1829, p. 268.
(2) Journ. pharm., 1817, p. 481.
(3) Plisson, Journ. pharm., 1828, p. 179.
(4) Bacon, Journ. chim. méd., II, p. 551.

amygdalées qui ont une saveur analogue. M. Bizio dit qu'on en trouve 11,4 dans l'amande d'Amérique ; mais qu'est-ce que l'amande d'Amérique? Serait-ce le bertholletia que l'auteur a analysé? Serait-ce le fruit du *terminalia catappa*, qui est fréquemment cultivé aux Antilles, et dont on se sert à table comme chez nous des amandes?

g. *Émétine.*

MM. Pelletier et Dumas (1) désignent sous ce nom le principe émétique de l'ipécacuanha (*cephaelis*). Il est blanc, pulvérulent, inaltérable à l'air, peu soluble à l'eau froide, plus soluble à l'eau bouillante, très-soluble à l'alcool, insoluble dans l'éther et les huiles; ne forme point de sel avec les acides, et est sensiblement azoté. (*Voyez* le tabl. 5.) Il est en beaucoup plus grande proportion (= 16 : 1) dans l'écorce que dans l'axe ligneux de la racine du *cephaelis emetica*. On le retrouve à moindre dose dans les autres ipécacuanhas des rubiacées ; mais le principe émétique des violettes, que M. Vauquelin (2) dit identique avec celui-ci, ne serait-il point différent?

h. *Cofféine.*

La cofféine ou caféine de M. Robiquet se présente extraite de l'albumen de café sous la forme d'aiguilles blanches semblables à l'acide benzoïque. Ce n'est ni un acide ni un alcali : cette matière donne une très-grande quantité d'azote à l'analyse, et ne le cède sous ce rapport qu'à l'urée (3). Elle est facilement soluble à l'eau et l'alcool, et très-difficilement dans l'éther.

Il serait curieux de savoir si une matière analogue existe dans l'albumen du *ruscus aculeatus*, qui, torréfié, donne une odeur si semblable au café.

---

(1) Journ. pharm., III, p. 148.
(2) Ann. de phys., XXXVIII, p. 157.
(3) Pelletier, Journ. pharm., 1826, p. 233.

i. *Narcotine.*

Cette substance a été trouvée dans l'opium. Elle s'y présente sous la forme d'aiguilles soyeuses, flexibles, fusibles dans 400 parties d'eau bouillante, dans l'alcool, l'éther et les huiles, mais à peine soluble dans l'eau froide. Elle passe au jaune par l'acide nitrique, et n'a ni saveur ni odeur. Malgré le nom qu'elle a reçu, il est très-douteux qu'elle soit narcotique. (*Voyez* le tableau.)

k. *Gentianine.*

La gentianine ou le gentianin est le principe amer de la racine des gentianes, observé par MM. Henry et Caventou. Il est jaune, cristallisable, soluble dans l'éther, l'alcool et les alcalis, peu soluble à l'eau froide, très-amer, inodore, ni acide, ni alcali, et donne des matières azotées à sa décomposition. Il paraît se retrouver dans le ménianthe, le spigelia, et probablement dans toutes les gentianées.

l. *Plumbagin.*

Le plumbagin, que M. Dulong d'Astafort (1) a retiré de la racine du *plumbago europœa* par son infusion dans l'éther sulfurique, est une matière neutre, analogue au gentianin, qui cristallise facilement en pyramides aciculaires; produit sur la langue une saveur âcre et brûlante; se dissout dans l'eau, où il prend une couleur d'un rouge cerise par les alcalis, le perchlorure de fer, etc.

m. *Amanitine.*

L'amanitine est, selon M. Letellier (2), la matière vénéneuse des agarics de la section des amanites. Elle est très-soluble dans l'eau, qu'elle saisit aux corps qui l'entourent. Elle n'a ni odeur ni saveur; elle n'est affaiblie ni par la dessiccation ni par la tem-

---

(1) Journ. pharm., 1828, p. 255, 441 et 454.
(2) Journ. de pharm., 1830, p. 117.

pérature de l'eau bouillante ; elle n'est précipitée ni par les alcalis, ni par les acides, ni par l'infusion de noix de galle, ni par les acétates de plomb. Son mode d'action paraît analogue à l'opium.

n. *Fungine.*

Les champignons sont de tous les végétaux ceux qui se rapprochent le plus, sous le point de vue chimique, de la matière animale. La base de leur tissu fibreux, qui correspond à la lignine des autres végétaux, a reçu le nom de fungine ou fongine. C'est une substance blanche, mollasse, insipide, un peu élastique, inflammable, qui est le résidu du champignon, après qu'on a enlevé les matières solubles. Décomposée par le feu, elle donne les produits des matières animales. L'acide nitrique en dégage du gaz azote, et la convertit en une matière analogue au suif, et en une autre analogue à la cire, etc. On trouve avec elles, entre autres produits spéciaux, les acides bolétique et fungique. On n'a point encore la composition élémentaire de ces divers produits.

B. *Matières communes aux deux règnes organiques.*

a. *Osmazome.*

Cette matière, fréquente dans le règne animal, et qui donne au bouillon de viande sa saveur et son odeur, a été retrouvée par Vauquelin dans plusieurs champignons charnus : les uns salubres, comme l'*agaricus campestris* ; les autres vénéneux, comme l'*agaricus pseudo-aurantiacus*. Elle a été retrouvée aussi dans les rhizomes de plusieurs amomées, telles que le gingembre (1) et le galanga ; dans les fleurs du genêt des teinturiers (2), et peut-être dans les matières sécrétées dans les bractées du houblon femelle (3). Elle donne de l'ammoniaque par la distilla-

(1) Morin, Journ. pharm., X, p. 252 ; IX, p. 258.
(2) Cadet-Gassicourt, Journ. pharm., X, p. 434.
(3) Payen et Chevallier, Journ. chim. méd., II, p. 577.

tion, et mise sur les charbons rouges, répand une odeur animale.

b. *Adipocire.*

Cette substance grasse, onctueuse, solide, blanche, inflammable, qui, mise sur des charbons, répand une odeur animale, qui est dissoluble à l'alcool chaud, et cristallise par le refroidissement, est très-abondante dans le règne animal, et se retrouve aussi dans les champignons charnus, notamment dans l'agaric poivré, qui est vénéneux, et dans le champignon de couche, qui est salubre.

c. *Gélatine.*

La gélatine végétale, qu'il ne faut pas confondre avec la gelée, est une matière qui a beaucoup de rapport avec le gluten et la glutine, et qui contient environ 17/100 d'azote. Vauquelin avait cru la trouver dans la pulpe du tamarin; mais il paraît que c'est de la gelée qui y existe. Fourcroy a dit l'avoir trouvée dans le pollen du dattier. MM. Marcet et Macaire (1) l'ont trouvée dans le *protococcus nivalis*, cette production singulière, qui colore en rouge la neige du pôle et celle des Alpes. Ils paraissent disposés, d'après ce fait curieux, à rapporter le protococcus au règne animal, vu qu'ils ont trouvé aussi la gélatine dans l'*oscillatoria rubescens* (2), qui rougit le lac de Morat. Cette preuve isolée ne me paraît pas suffisante; car nous voyons que d'autres matières animales se rencontrent dans des végétaux très-bien caractérisés.

d. *Fibrine.*

La fibrine animale est une matière qui fait la base des muscles et du caillot du sang, et qui contient près de 20 pour 100 de son poids d'azote. Vauquelin l'a retrouvée dans le suc de papayer. Ce suc se dissout en grande partie dans l'eau; mais il reste une

(1) Mém. de la Soc. de phys. de Genève, 4, p. 185.
(2) *Ibid.*

substance insoluble d'un aspect graisseux, qui, jetée à l'air sur des charbons, répand une odeur animale. La fibrine du papayer est, dit-on, absolument semblable à celle du sang sous le rapport chimique, et parmi les matières végétales ressemble surtout au gluten. Elle est insoluble dans l'eau, l'alcool et les alcalis ; étendue dans l'eau, se dissout dans les acides, dégage de l'azote avec le gaz nitrique et de l'ammoniaque à la distillation.

§. 3. Matières alcalines.

On sait que les chimistes désignent sous le nom d'*alcalines* les matières qui sont susceptibles de former des sels avec les acides et de verdir les couleurs bleues végétales ; mais des corps de compositions fort diverses rentrent sous cette définition, savoir : 1° les alcalis terreux, comme la potasse, la soude, la chaux, qui ont une base métalloïde oxigénée; 2° l'alcali volatil, qui est composé, selon les uns, d'après la théorie ou l'analogie, d'un métalloïde inconnu qu'on nomme *ammonium*, mais plutôt, selon les autres, d'après l'analyse, d'azote (81,5), et d'hydrogène (18,5); 3° les alcaloïdes ou alcalis à quatre élémens, c'est-à-dire, composés d'azote, d'hydrogène, d'oxigène et de carbone. Nous parlerons de ceux de la première classe en nous occupant des matières minérales adventives, et nous nous bornerons ici aux deux dernières classes.

A. *Alcali volatil.*

L'ammoniaque, qui seule forme cette classe, est très-commune dans le règne animal; elle se présente souvent, mais en petite quantité, dans le règne végétal.

1°. On assure qu'elle existe à l'état libre dans le suc des

feuilles de pastel, dans l'écorce du *zanthoxylum clava herculis*, dans le *fucus vesiculosus*.

2°. On la trouve diversement combinée dans la racine d'ellébore noir, de nymphæa, les feuilles d'aconit napel, l'écorce du *cusparia febrifuga*, du simaruba, les fruits de l'areca-betel, etc.; à l'état de carbonate d'ammoniaque dans le *justicia purpurea*; à celui de nitrate dans l'extrait de jusquiame et l'eau distillée de laitue (1), etc.

3°. Elle se développe dans la décomposition spontanée ou artificielle de presque toutes les matières azotées du règne végétal, et ce développement est l'indice le plus ordinaire de la présence de l'azote. Comme il paraît que (2) l'ammoniaque se forme au contact de l'eau et de l'air, toutes les fois que l'hydrogène naissant et l'azote se rencontrent, on conçoit que ce concours doit avoir lieu fréquemment dans les décompositions organiques. Mais il pourrait se faire que dans quelques-uns des cas où on a cru l'ammoniaque existante dans les végétaux, elle se fût réellement formée à leur décomposition.

B. *Alcaloïdes.*

Les alcalis à quatre bases (3) ou alcaloïdes sont tous découverts depuis peu d'années dans les végétaux, et paraissent jouer un rôle très-important dans l'histoire de leurs propriétés. On en cite aujourd'hui vingt-quatre, dont

(1) Journ. pharm., 1830, p. 388.

(2) Collard de Martigny, Journ. chim. méd., 3, p. 515.

(3) Consultez à leur sujet Chevreul et Gay-Lussac, Leçons de chimie, vol. 2; Fée, Cours d'hist. nat. pharm., aux articles cités; Donné, Journ. de pharm., 1830, p. 374, etc.

huit à dix seulement sont connus d'une manière un peu complète, et ont été analysés, quant à leur composition élémentaire. (*Voy.* le tableau) Outre les trois principes communs à tous les végétaux, ils présentent une quantité d'azote qui va de 4 à 9 pour 100; ils sont neutralisés par l'acide sulfurique; les extrêmes des doses nécessaires vont de 3 à 13 pour 100. Cet azote, qui se retrouve aussi dans l'ammoniaque, paraît propre à l'alcalinité organique. Presque tous sont susceptibles de cristalliser; un petit nombre, tels que la delphine, la violine, la solanine et la vératrine, se présentent sous une forme pulvérulente. Leur solubilité dans l'eau froide ou chaude, dans l'éther ou les acides, offre de grandes diversités : ils sont tous, sauf peut-être la daturine et l'atropine, solubles dans l'alcool, même à froid; ils sont, comme les résines, d'après M. Peschier (1), solubles dans les solutions alcalines, les huiles grasses ou volatiles, ce qui les rapproche des résines; mais ils en sont bien distingués par leur propriété de faire des sels avec les acides : ces sels sont très-divers entre eux; leur saveur est âcre ou amère, et leurs propriétés variables, mais toujours actives. Les alcaloïdes se présentent dans les analyses tantôt à l'état alcalin, tantôt à celui de malate, de gallate ou de méconate; on les trouve dans tous les organes des plantes, excepté peut-être dans le corps ligneux.

Les alcaloïdes se présentent sous quatre divisions quant à leur cristallisation, savoir, d'après M. Donné (2), 1° en cristaux prismatiques, tels que la morphine, la strychnine;

---

(1) Mém. soc. phys. de Genève, 4, p. 230.
(2) Journ. pharm., 1830, p. 374.

2° en aiguilles arborisées, tels que la cinchonine; 3° en lames radiées, tels que la brucine; et 4° incristallisables, tels que la quinine.

Considérés dans leurs rapports avec l'iode, ils peuvent se colorer en brun-rouge (narcotine, delphine, émétine), en jaune rougeâtre (morphine), en jaune terne (cinchonine, vératrine, quinine, brucine), en jaune (strychnine), et en blanc (picrotoxine).

Considérés enfin dans leurs rapports avec le brôme, ils peuvent se colorer en jaune orangé (morphine, cinchonine, narcotine), en jaune pâle (vératrine, quinine, strichnine pure), en jaune verdâtre (delphine, émétine), en brun-noir (brucine), et en blanc (picrotoxine).

Nous allons maintenant faire l'énumération des alcaloïdes connus, en suivant l'ordre des familles qui les fournissent.

a. *Delphine* (fam. des renonculacées).

La delphine a été découverte par MM. Lassaigne et Feneulle (1), dans les graines du *delphinium staphisagria*. Elle y est à l'état de malate. Cet alcaloïde exige pour sa saturation 3,129 d'acide sulfurique sur 100. Il est presque insoluble à l'eau, soit froide, soit bouillante, très-soluble dans l'alcool et l'éther; il se liquéfie à la chaleur; sa saveur est amère, âcre, nauséabonde. L'iode le colore en brun rouge, et le brôme en jaune verdâtre. Il ne cristallise que sous forme pulvérulente; sa composition élémentaire est inconnue.

b. *Aconitine* (fam. des renonculacées).

L'aconitine a été trouvée, par Pallas, dans l'*aconitum lycoctonum* (2); elle cristallise en aiguilles jaunâtres, est soluble dans

(1) Ann. chim., 12, p. 358.
(2) Journ. chim. méd., 1. p. 194.

l'eau froide, peu soluble dans l'alcool chaud ; sa saveur est très-amère ; ses autres caractères sont inconnus.

c. *Picrotoxine* (fam. des ménispermées).

La picrotoxine a été découverte, par M. Boullay, dans la coque du levant (1) ; elle cristallise en prismes quadrangulaires; elle est soluble dans l'alcool, dans l'éther et dans 25 fois son poids d'eau. Elle est insoluble dans les huiles ; sa saveur est très-amère ; le brôme et l'iode ne la colorent pas.

d. *Morphine* (fam. des papavéracées).

La morphine, découverte par M. Sertuerner (2) dans l'opium, soit le suc laiteux concrété du *papaver somniferum*, s'y trouve à l'état de méconate et de sulfate. Elle cristallise en aiguilles ou en prismes à 4 pans tronqués obliquement : elle exige, sur 100 parties 12,65 d'acide sulfurique pour sa neutralisation ; elle est peu soluble dans l'eau, soit froide, soit chaude, mais très-soluble dans l'alcool : elle se fond à la chaleur. L'acide nitrique la décompose et la colore en rouge ; le brôme en jaune rougeâtre, et l'iode en jaune orangé. La morphine, et surtout la plupart de ses sels, sont très-délétères. Pour sa composition voyez le tableau.

e. *Sanguinarine* (fam. des papavéracées).

La sanguinarine a été extraite par M. Dana (3), du suc laiteux coloré en rouge, qui se trouve dans le rhizome du *sanguinaria canadensis ;* elle est très-remarquable en ce que tous les sels qu'elle forme ont une teinte rouge plus ou moins prononcée, et il paraît que c'est elle qui, à l'état salin, colore le suc laiteux de la sanguinaire. Elle est peu soluble à l'eau, davantage à l'éther, plus encore à l'alcool. Sa couleur est d'abord blanche, puis à l'air elle devient jaune et rousse; sa saveur est

---

(1) Journ. pharm., 4, p. 367.
(2) *Ann. der physik.*, 25, p. 56.
(3) *Ann. of lyc. New-York,* 2, p. 250.

âcre, lente à se développer, mais tenace. On ne l'a pas trouvée cristallisée, mais en grains. Sa composition n'est pas connue.

f. *Corydaline* (fam. des fumariacées).

La corydaline a été découverte par M. Wackenroder (1), et retrouvée par M. Peschier (2), dans le rhizome et les feuilles du *corydalis tuberosa;* elle cristallise en houppes, en écailles ou en cristaux rhomboïdaux à faces inégales; elle est peu soluble à l'eau; mais bien soluble dans l'alcool. Elle se fond et devient verdâtre au feu. Elle se dissout dans les acides, avec lesquels elle forme des combinaisons très-amères et devient jaune, puis rouge, par l'acide nitrique. Sa composition est inconnue. Le rhizome sec en contient 17,78.

g. *Violine* (fam. des violariées).

La violine a été trouvée par M. Boullay (3) à l'état de malate dans la racine du *viola odorata;* elle n'a été obtenue que sous forme pulvérulente; elle est à peine soluble dans l'eau, et attire cependant l'humidité de l'air; elle est soluble dans l'alcool. Sa saveur est âcre, nauséabonde, délétère.

h. *Esculine* (fam. des hippocastanées).

L'esculine est un alcali trouvé par M. Canzoneri (4) dans la graine (et non dans le fruit) du marronier d'Inde; elle se présente en masse amorphe, fauve, d'une saveur douceâtre, puis piquante, soluble dans l'alcool et l'éther; elle se fond au feu se gonfle et brûle avec une flamme analogue à celle de l'huile. A l'état de sulfate, elle cristallise en aiguilles soyeuses de couleur d'amiante. Sa composition est inconnue.

---

(1) *Kastner's archiv.*, 8, p. 417; Fér. Bull. sc. chim., 10, p. 169.

(2) Mém. soc. hist. nat. de Genève, 4, p. 247.

(3) D'après Fée, Cours d'hist. nat. pharm., 1, p. 467.

(4) Férus., Bull. sc. chim., 1824, p. 125.

i. *Guaranin* (fam. des sapindacées).

Le guaranin a été trouvé par M. Martius (1) dans le guarana, fruit du *paullinia sorbilis*, en le traitant par l'alcool chaud. Il se sublime en cristaux blancs ; il a une odeur pénétrante quand il est chauffé; il se dissout dans l'alcool plus difficilement que dans l'eau ; ses solutions sont amères, et verdissent la teinture alcoolique de roses, et bleuissent un peu le papier rougi au tournesol ; ce qui m'a engagé à le placer ici, quoique sa composition soit inconnue.

k. *Brucine* (fam. des térébinthacées).

La brucine a été extraite à l'état d'hydrate de l'écorce du *brucea antidysenterica*, par MM. Pelletier et Caventou (2). Elle exige 6,697 d'acide sulfurique sur 100 pour sa neutralisation; elle cristallise en feuillets nacrés ou en prismes obliques à bases de parallélogrammes. Elle est soluble seulement dans 800 parties d'eau, soit froide, soit bouillante ; elle est soluble à l'alcool, insoluble à l'éther. Au feu elle perd son eau et se décompose ; l'acide nitrique la colore en rouge, l'iode en jaune terne, le brôme en brun noir. Sa qualité est délétère. Voyez pour sa composition le tableau.

l. *Conéine* (fam. des ombellifères).

La conéine ou cicutine de M. Brandes (3) est à peine connue. M. Brandes l'a retirée de l'herbe du *conium maculatum* (4); elle est insoluble à l'eau, d'une couleur verte foncée, d'une odeur vireuse et nauséabonde; son odeur est très-rebutante et telle que celle de la plante fraîche n'est rien auprès ; cette odeur disparaît quand on la combine avec les acides ; elle produit même à très-faible dose une forte dilatation dans la pupille. Sa composition élémentaire est inconnue.

(1) Bull. sc. chim., 10, p. 170.
(2) Journ. pharm., 1810, p. 527.
(3) Féruss., Bull. sc. chim., 4, p. 37.
(4) D'après Fée, Hist. nat. pharm., 2, p. 205.

m. *Quinine* (fam. des rubiacées).

MM. Pelletier et Caventou (1) ont rendu un service éminent à l'humanité, en retirant la quinine de l'écorce des vrais cinchona, et surtout du *C. pubescens*. Cet alcaloïde exige 10,914 d'acide sulfurique sur 100 parties pour sa neutralisation. On ne l'a point encore obtenu cristallisé. Il est insoluble à l'eau froide ou chaude, soluble dans l'alcool; il se fond et se décompose à la chaleur, et forme des sels neutres avec tous les acides. L'iode le colore en jaune terne, le brôme en jaune pâle. Voyez sa composition au tableau.

n. *Cinchonine* (fam. des rubiacées).

La cinchonine a été extraite des écorces des vrais cinchona, et surtout du *C. condaminea* par MM. Gomez, Pelletier et Caventou (2); elle exige 13,021 d'acide sulfurique sur 100 pour sa neutralisation; elle cristallise en aiguilles arborisées; elle est insoluble dans l'eau froide, soluble dans l'alcool et dans 2500 parties d'eau bouillante, forme des sels neutres avec tous les acides; ne se fond pas, mais se sublime à la chaleur. Sa saveur est amère styptique. L'iode la colore en jaune terne, et le brôme en jaune orangé. Voyez sa composition au tableau.

Je n'insère pas ici la *quinoïdine* de Sertuerner (3), parce que MM. Henry fils et Delondre (4), ont rendu très-vraisemblable qu'elle n'est qu'une modification de la quinine et de la cinchonine, réunies et rendues incristallisables par une matière jaune particulière.

o. *Strychnine* (fam. des strychnées).

A été retirée des graines de l'*ignatia amara*, des *strychnos*

---

(1) Journ. pharm., 3, p. 89.
(2) Journ. pharm., 7, p.
(5) Journ. pharm., 1830, p. 46.
(4) *Ibid.*, p. 150.

nux vomica, *colubrina* et *tieuté*, par MM. Pelletier et Caventou (1); elle exige 10,486 d'acide sulfurique sur 100 pour sa neutralisation. Elle cristallise en prismes microscopiques à 4 pans terminés en pyramides; elle est soluble dans 6000 parties d'eau froide, et 2500 d'eau chaude; elle est beaucoup moins délétère que la brucine, avec laquelle on l'a quelquefois confondue. L'iode la colore en jaune, et le brôme en jaune pâle lorsqu'elle est bien pure. Voyez sa composition au tableau.

p. *Strychnochromine.*

La strychnochromine a été trouvée par MM. Pelletier et Caventou (2), dans le suc de l'upas tieuté; sa propriété la plus singulière est de prendre, par l'action de l'acide nitrique concentré, une couleur verte très-intense, qui disparaît par l'eau, par les alcalis et les corps désoxygénans. Elle est d'un brun rougeâtre; elle se dissout dans l'alcool et peu dans l'éther et les huiles volatiles. Elle paraît se retrouver dans les fongosités de l'écorce de fausse angusture, où on trouve déjà la brucine; appartient-elle à cette série, ou à celles des matières résinoïdes?

q. *Solanine.* (Fam. des solanées.)

La famille des solanées a fourni à elle seule quatre alcaloïdes considérés comme distincts, mais qui ne sont pas encore assez connus. La solanine a été trouvée à l'état de malate par M. Desfossés (3) dans la tige du *solanum dulcamara* et les baies du *S. nigrum*. Elle se présente sous forme pulvérulente, opaque, insoluble à l'eau, soluble dans l'alcool, l'éther, les acides. Elle forme des sels neutres incristallisables, et se décompose au feu sans se fondre. Elle est vomitive. (Compos. inconnue.)

---

(1) Journ. pharm., 1830, 5, p. 145.

(2) Ann. de phys. et chim., 1824, p. 44; Bull. de Féruss, sc. chim., 3, p. 333.

(3) Journ. pharm., 6, p. 374; 7, p. 414.

r. *Nicotine* (*Id.*).

La nicotine de Hermbstadt n'est, selon MM. Posselt et Reiman, que de l'huile essentielle de tabac devenue concrète à la température ordinaire ; mais la nicotine (1) qu'ils en ont obtenue est claire, liquide à 6° cent., d'une odeur piquante, surtout quand la température est élevée, d'une saveur âcre et persistante. Elle graisse le papier, est plus pesante que l'eau, se volatilise à l'air, bout à 246° cent., se dissout dans l'eau à toute proportion, et sa solution manifeste une réaction alcaline. Par l'éther on peut l'enlever à l'eau ; elle se dissout dans l'alcool, l'éther, l'huile d'amandes. Le sulfate de nicotine ne cristallise pas ; le phosphate donne un sirop qui, évaporé, donne des cristaux analogues à la cholestérine. L'oxalate et le tartrate sont cristallins et solubles.

s. *Atropine* (*Id.*).

A été observée par Brandes (2) dans l'herbe de l'*atropa belladona*. Elle est cristallisable, insoluble dans l'eau et l'alcool chauds ; elle forme des sels acides, cristallisables. La chaleur la décompose ; sa saveur est nulle. Elle fait dilater la pupille, et c'est à sa présence que la belladone paraît devoir cette propriété.

t. *Hyosciamine* (*Id.*).

Aussi découverte par Brandes (3) dans la jusquiame, diffère peu des précédentes.

u. *Daturine* (*Id.*).

Encore trouvée à l'état de malate acide par Brandes (4) dans

---

(1) *Geiger's magaz. f. pharm.*, 1828, p. 138 ; Fér. Bull., sc. chim., 12, p. 177.

(2) Journ. pharm., 6, p. 548; Tilloy, Journ. pharm., 1828, p. 658.

(3) Rép. de Budmer, 1821.

(4) *Ibid.*

les graines du *datura stramonium ;* elle est cristallisable, presque insoluble dans l'eau et l'alcool froids, soluble dans l'alcool chaud ; forme des sels très-solubles.

v. *Daphnine* (fam. des thymelées).

La daphnine a été extraite par Vauquelin (1) de l'écorce de *daphne mezereum.* Elle cristallise en prismes brillans et fasciculés ; elle est très-soluble à l'alcool à froid et à chaud, se colore en jaune d'or avec la potasse, le carbonate de potasse ou de chaux. Sa saveur est âcre, persistante. Sa composition est inconnue ; elle pourrait bien appartenir à la classe des produits sur-hydrogénés.

w. *Rhabarbarine* (fam. des polygonées).

A été trouvée par M. Caventou (2) dans la racine de la rhubarbe de Chine. Elle est cristallisable, insoluble à l'eau froide, soluble à l'eau chaude, l'alcool et l'éther, de couleur jaune ; forme des sels insolubles ; sa saveur est âpre et amère. Quelques chimistes modernes (3) la considèrent comme une combinaison de chaux avec quelque principe végétal. Elle paraît identique avec celui qu'on a nommé *caphopicrite* (4).

x. *Buxine* (fam. des euphorbiacées).

La buxine, découverte par M. Fauré (5), existe dans toutes les parties du buis, mais surtout dans son écorce ; elle détermine leur amertume. C'est un alcaloïde qui verdit le sirop de violettes, et neutralise les acides en sels incristallisables dans l'eau

---

(1) Ann. chim., 86, p. 174.

(2) Journ. pharm., 1826; Henry, Bull. pharm., 6, p. 87.

(3) François Pelletier et Caventou, Journ. pharm., 16, p. 365.

(4) Bull. pharm., 6, p. 87; Fée, cours 2; p. 496.

(5) Journ. de pharm., 1830, p. 435.

et l'alcool. Elle est rougeâtre, et sa poudre rousse. Le charbon animal la blanchit difficilement. Sa saveur est amère sans âcreté, son odeur nulle. Elle est plus soluble dans l'eau bouillante que dans l'eau froide. Les alcalis n'en dissolvent point, l'éther peu, l'alcool beaucoup. Dissoute dans l'eau, les alcalis la précipitent sous forme de gelée blanche. Cent parties dissoutes dans l'alcool exigent pour leur saturation 11 pour 2 d'acide sulfurique à 66°. Une once d'écorce de buis contient 405 grains de buxine; elle y est à l'état de malate.

y. *Vératrine* (fam. des colchicacées).

La vératrine, aussi appelée *cébadilline* (1), a été trouvée par MM. Pelletier et Caventou dans les graines du *veratrum cebadilla*, dans les racines du *veratrum album* et les bulbes du *colchicum autumnale*, soit à l'état d'alcali, soit à l'état de gallate acide. Elle exige 6,646 d'acide sulfurique sur 100 parties pour sa neutralisation; elle est pulvérulente, insoluble dans l'eau froide, soluble dans 1,000 parties d'eau bouillante, très-soluble dans l'alcool, peu dans l'éther. Elle neutralise les acides quand elle est en excès; elle est soluble dans les acides végétaux. L'iode la colore en jaune terne, et le brôme en jaune pâle. Sa saveur est âcre: elle est sternutatoire et vomitive. (*Voyez* sa compos. au tableau.)

z. *Smilacine* (fam. des smilacinées).

La smilacine ou la *parigline* a été extraite des racines du *smilàx salsaparilla* par MM. Folchi et Perotti (2). Elle cristallise en prismes aciculaires; elle est peu soluble à l'eau et à l'alcool. Ses autres caractères sont peu connus.

A ces exemples tolérablement constatés, il faut ajouter l'*eupatorine*, que M. Righini (3) a tirée de l'eupatoire; la *passiflo-*

---

(1) Ann. de chim. et phys., 14, p. 69.
(2) Journ. de pharm., 1828, p. 623.
(3) D'après Fée, Cours d'hist. nat. pharm., 1, p. 304.

rine, que M. Ricord-Madiana (1) a tirée des racines de passiflores ; un alcaloïde spécial, que M. Pelletier a tiré d'une écorce inconnue du Pérou (2) ; un que M. Peschier a reconnu dans le *coriaria myrtifolia* (3) ; un qui paraît constituer la matière amère de l'écorce de curare (4), etc., mais qui ne sont pas encore assez constatés pour oser les consigner ici.

§. 4. Matières surhydrogénées ou résinoides.

Les matériaux que je réunis sous cette dénomination, diffèrent des matières précédentes soit parce qu'ils ne sont ni acides ni alcalins, soit parce qu'ils ne contiennent point d'azote dans leur composition intime : ils ont des rapports avec les matières résineuses et huileuses; et si je suivais ici une marche purement dictée par les lois de la chimie, toutes les résines et les huiles, ainsi que leurs élémens et leurs produits, devraient se placer ici. Mais j'ai déjà, dans les articles 2 et 3 du chapitre précédent, exposé ce qui est relatif à ces généralités, et je dois me borner ici à énumérer un certain nombre de matériaux trouvés dans les végétaux, analogues pour la plupart aux résinules, mais dont le rôle n'est pas assez connu pour oser les apprécier sous le rapport physiologique. Ces matières sont douées de saveur amère, de qualité fébrifuge et de la propriété de cristalliser, d'où il est résulté que plusieurs ont été classés au premier moment sous la série des alcaloïdes; et il est vraisemblable que plusieurs

(1) *Ann. of Lyc. of New-York*, 1, p. 128.
(2) Ann. de phys. et chim., 42, p. 322.
(3) Mém. Soc. phys. de Genève, 4, p. 194.
(4) Pelletier et Petroz, Ann. chim., 40, p. 218.

des matières que j'ai laissées sous cette dénomination devront se ranger sous celle-ci lorsqu'elles seront mieux connues. Je ferai cette énumération d'après l'ordre des familles, comme dans l'article précédent.

a. *Polygaline* (fam. des polygalées).

La polygaline est une matière âcre et non alcaline, que M. Dulong d'Astafort regarde comme le principe actif du polygala de Virginie. Il croit que la *sénégine* de Gehlen est une résine (1).

b. *Hespéridine* (fam. des aurantiacées).

L'hespéridine est une matière neutre, inodore, amère, analogue à l'olivine, qui cristallise ou en aiguilles affectant une forme mammelonée, ou en poudre blanche, et que M. Lebreton (2) a retirée des oranges, et surtout des orangettes ou oranges avant leur maturité. Elle se trouve dans la partie blanche spongieuse de ce fruit. Il l'a déjà trouvée dans l'ovaire, mais non dans les pétales ni dans les étamines. La matière que M. Windman (3) a retirée de l'orange mûre, et qu'il nomme du même nom, pourrait bien être très-différente.

c. *Aurade* (*Id.*).

L'aurade est une matière grasse, analogue à la myricine et la céraïne, et remarquable, parce qu'elle est inaltérable par l'acide nitrique et par les alcalis caustiques. Elle est extraite par M. Plisson (4) de l'huile essentielle de fleurs d'oranger dite neroli. Celle-ci semble plutôt par-là purifiée que décomposée. Elle est très-soluble dans l'éther sulfurique.

---

(1) Journ. pharm., 1827, p. 567; Bull. sc. chim., 9, p. 221.
(2) Journ. de pharm., 1828, p. 377 et 477.
(3) *Ibid.*, 1830, p. 709.
(4) *Ibid.*, 1829, p. 156.

d. *Zanthopicrite* (fam. des rutacées).

A été extraite de l'écorce de *zanthoxylum carybœum*, par MM. Chevallier et Pelletan (1). Elle cristallise en aiguilles divergentes, brillantes, d'un jaune un peu verdâtre, soluble dans l'eau et l'alcool, mais n'attirant pas l'humidité de l'air, insolubles dans l'éther, sans odeur, mais d'une saveur amère et styptique.

e. *Bursérine* (fam. des térébinthacées).

La bursérine est une sous-résine extraite par M. Bonastre (2) de la résine de hedwigia et de plusieurs autres burséracées. Elle est pulvérulente, d'un blanc jaunâtre, inodore, insipide, peu soluble dans l'alcool bouillant, dissoluble dans l'éther sulfurique, entièrement soluble dans l'éther.

f. *Quassine* (fam. des simarubées).

La quassine (3) est une substance d'un jaune brunâtre, que M. Thompson a extraite de l'écorce de *quassia amara*, et que M. Morin a retrouvée dans celle de simarouba.

g. *Cathartine* (fam. des légumineuses).

La catarthine (4), que MM. Lassaigne et Feneulle ont tirée des feuilles et des follicules du séné, et qui se distingue par une saveur amère et nauséabonde, pourrait être le même principe qui se retrouve dans les parties herbacées de toutes les légumineuses plus ou moins puantes et purgatives, et qui, sous divers noms, a été signalé dans le cytise, l'anagyris, la coronille bigarrée (5).

h. *Coumarine* (*Id.*).

La coumarine ou le coumarin, observée dans la fève tonka par

(1) Journ. chim. méd., 2, p. 314; Fée, cours, 1, p. 586.
(2) Journ. pharm., 1826, p. 494; 183c, p. 671.
(3) Thompson, Syst. chim., 4, p. 58.
(4) Journ. pharm., 7, p. 548; 10, p. 58.
(5) Peschier, Mém. soc. Genêv., 5, p. 79.

MM. Guibourt et Boullay (1), est une matière blanche, dure, cristallisable en aiguilles carrées ou prismes courts, odorante, analogue aux huiles volatiles. Exposée à une chaleur modérée, elle se fond en un liquide transparent, et devient opaque par le refroidissement. Elle est peu soluble à l'eau, soluble dans l'alcool, l'éther, les huiles fixes et volatiles. Elle ne change pas les réactifs colorés.

i. *Glycyrhizine* (*Id.*).

Le sucre de réglisse (2) se forme en précipité par l'action de l'acide sulfurique sur l'infusion chaude de racine de réglisse. On l'obtient aussi de l'*abrus precatorius*. Il est un peu jaune, transparent, garde la saveur de la réglisse, est facilement soluble dans l'eau et l'alcool. La solution aqueuse se précipite par tous les acides. Ces précipités sont solubles à l'alcool et à l'eau bouillante : ceux-ci se prennent en gelée par le refroidissement. Ses combinaisons avec les oxides métalliques sont neutres ; sa composition et son rôle physiologique sont inconnus. Je place ici cette matière à cause de son apparence résineuse.

k. *Caryophylline* (fam. des myrtacées).

La caryophylline (3) de M. Lodibert paraît analogue à la précédente, et appartenir ou à cette division, malgré son insipidité, ou à celle des résines, malgré son aspect blanc satiné. Elle est rude au toucher, non phosphorescente, sans saveur ni odeur, sans action sur les réactifs colorés, soluble dans l'alcool bouillant et l'éther, mais non dans l'alcool froid. Elle cristallise en cristaux très-déliés. Elle a été retirée du girofle des Moluques. Elle appartient à la classe des sous-résines.

---

(1) Journ. pharm., 1825, p. 486.

(2) Virey, Journ. pharm., 1828, p. 150; Gay-Lussac, leçon 24, p. 4.

(3) Journ. pharm., 11, p. 101; 13, p. 519.

l. *Coloquintine* (fam. des cucurbitacées).

La coloquintine (1) de Vauquelin est une matière résinoïde, qui, quoique peu soluble dans l'eau, lui communique une amertume excessive; elle provient de la pulpe des fruits de coloquinte (*cucumis colocynthis*). Il semblerait, d'après l'analogie botanique, que l'*élatine*, retirée par Pallas (2) du *momordica elaterium*, et la *bryonine* (3), obtenue par Brandes et par Vauquelin de la racine de *bryonia dioica*, pourraient être analogues ou identiques avec la coloquintine.

m. *Élatérine* (*Id.*).

Outre l'élatine qu'on retire du suc du *momordica elaterium* sous la forme d'une matière verte, M. Hennell (4) en a encore obtenu des cristaux qui forment 34/100 de l'élatérium de Brandes. Ils sont solubles dans cinq fois leur poids d'alcool froid, et douze d'alcool chaud, et s'en déposent en touffes aciculaires. Ils sont peu solubles dans l'éther, presque insolubles dans l'eau et les acides délayés, fusibles à une chaleur de 120 à 160° R. Ils brûlent dans la flamme de l'esprit de vin, en laissant beaucoup de charbon. Ils ne paraissent pas former de sels neutres avec les acides. Leur analyse par l'oxide de cuivre donne 17 de carbone, 18 d'oxigène et 11 d'hydrogène.

n. *Olivine* (fam. des oléinées).

L'olivine (5), que M. Pelletier a retirée de la substance résiniforme de l'olivier, pourrait rentrer dans cette classe par sa saveur d'abord amère, quoiqu'ensuite sucrée et un peu aromatique. C'est une poudre blanche, qui, d'après sa décomposition, ne paraît pas contenir d'azote.

---

(1) Journ, pharm., 10, p. 416.
(2) *London medic. Journ.*, 1820, juin.
(3) Fée, Cours, 2, p. 161.
(4) *Journ. royal inst. Lond.*, 1831, p. 532.
(5) Journ. pharm., 2, p. 342.

o. *Jalapine* (fam. des convolvulacées).

La jalapine de Hume, quoiqu'on la dise insipide et très-analogue aux résines, pourrait bien faire partie de cette division. Elle est extraite des racines de jalap, et paraît n'avoir pas été assez étudiée (1); elle n'est, dit-on, que de la magnésie avec un peu d'acide phosphorique, de chaux, d'ammoniaque et de matière organique (2).

p. *Digitaline* (fam. des personées).

La digitaline, dont la découverte est contestée entre MM. Dulong d'Astafort (3) et Le Royer (4), est une matière fort amère, qui ne paraît point salifiable, mais analogue à la cathartine. Elle forme avec la noix de galle un précipité point ou très-peu soluble dans l'eau; elle est jaune-rougeâtre, se ramollit par la chaleur, attire un peu l'humidité de l'air; elle est très-soluble dans l'eau et l'alcool, insoluble dans l'éther sulfurique; décomposée dans un tube de verre, elle a paru ne point contenir d'azote.

q. *Laurine* (fam. des lauricées).

La laurine de Bonastre, découverte dans les baies de *laurus nobilis*, se retrouve aussi dans celles du *persea*, selon Ricord-Madiana (5), mais est encore peu connue.

r. *Pipérine* (fam. des pipéracées).

Serait-ce à cette division qu'on devrait rapporter la pipérine ou le piperin de M. Pelletier (6), qui paraît être la partie active

(1) Fée, Cours, 2, p. 405.

(2) *Geiger's magaz. fur pharm.*, 1827, p. 148; Bull. sc. ch., 10, p. 169.

(3) Journ. pharm., 1827, p. 381.

(4) *Ibid.*, 1828, p. 36.

(5) *Ibid.*, 1829, p. 86.

(6) Journ. de pharm., 7, p. 273.

pérature de l'eau bouillante ; elle n'est précipitée ni par les alcalis, ni par les acides, ni par l'infusion de noix de galle, ni par les acétates de plomb. Son mode d'action paraît analogue à l'opium.

n. *Fungine.*

Les champignons sont de tous les végétaux ceux qui se rapprochent le plus, sous le point de vue chimique, de la matière animale. La base de leur tissu fibreux, qui correspond à la lignine des autres végétaux, a reçu le nom de fungine ou fongine. C'est une substance blanche, mollasse, insipide, un peu élastique, inflammable, qui est le résidu du champignon, après qu'on a enlevé les matières solubles. Décomposée par le feu, elle donne les produits des matières animales. L'acide nitrique en dégage du gaz azote, et la convertit en une matière analogue au suif, et en une autre analogue à la cire, etc. On trouve avec elles, entre autres produits spéciaux, les acides bolétique et fungique. On n'a point encore la composition élémentaire de ces divers produits.

B. *Matières communes aux deux règnes organiques.*

a. *Osmazome.*

Cette matière, fréquente dans le règne animal, et qui donne au bouillon de viande sa saveur et son odeur, a été retrouvée par Vauquelin dans plusieurs champignons charnus : les uns salubres, comme l'*agaricus campestris* ; les autres vénéneux, comme l'*agaricus pseudo-aurantiacus*. Elle a été retrouvée aussi dans les rhizomes de plusieurs amomées, telles que le gingembre (1) et le galanga ; dans les fleurs du genêt des teinturiers (2), et peut-être dans les matières sécrétées dans les bractées du houblon femelle (3). Elle donne de l'ammoniaque par la distilla-

(1) Morin, Journ. pharm., X, p. 252 ; IX, p. 258.
(2) Cadet-Gassicourt, Journ. pharm., X, p. 434.
(3) Payen et Chevallier, Journ. chim. méd., II, p. 577.

tion, et mise sur les charbons rouges, répand une odeur animale.

b. *Adipocire.*

Cette substance grasse, onctueuse, solide, blanche, inflammable, qui, mise sur des charbons, répand une odeur animale, qui est dissoluble à l'alcool chaud, et cristallise par le refroidissement, est très-abondante dans le règne animal, et se retrouve aussi dans les champignons charnus, notamment dans l'agaric poivré, qui est vénéneux, et dans le champignon de couche, qui est salubre.

c. *Gélatine.*

La gélatine végétale, qu'il ne faut pas confondre avec la gelée, est une matière qui a beaucoup de rapport avec le gluten et la glutine, et qui contient environ 17/100 d'azote. Vauquelin avait cru la trouver dans la pulpe du tamarin; mais il paraît que c'est de la gelée qui y existe. Fourcroy a dit l'avoir trouvée dans le pollen du dattier. MM. Marcet et Macaire (1) l'ont trouvée dans le *protococcus nivalis*, cette production singulière, qui colore en rouge la neige du pôle et celle des Alpes. Ils paraissent disposés, d'après ce fait curieux, à rapporter le protococcus au règne animal, vu qu'ils ont trouvé aussi la gélatine dans l'*oscillatoria rubescens* (2), qui rougit le lac de Morat. Cette preuve isolée ne me paraît pas suffisante; car nous voyons que d'autres matières animales se rencontrent dans des végétaux très-bien caractérisés.

d. *Fibrine.*

La fibrine animale est une matière qui fait la base des muscles et du caillot du sang, et qui contient près de 20 pour 100 de son poids d'azote. Vauquelin l'a retrouvée dans le suc de papayer. Ce suc se dissout en grande partie dans l'eau; mais il reste une

---

(1) Mém. de la Soc. de phys. de Genève, 4, p. 185.
(2) *Ibid.*

amertume excessive (quoiqu'avec un arrière-goût sucré, peut être dû au sucre qui y reste mélangé), paraît se ranger dans cette division, mais qui pourrait appartenir plutôt aux matières azotées. Voyez Tilloy, Journ. pharm., 1826, p. 635.

x. *Zéine* (fam. des graminées).

La zéine, découverte par M. Bizio (1) dans le maïs, est, selon Graham (2), à la dose de 0,03. Elle est jaune, semblable à la cire d'abeilles, molle, sans odeur ni saveur; plus pesante que l'eau quand on la brûle, elle répand une odeur animale, mais ne paraît pas donner d'ammoniaque à la distillation. Elle est soluble dans l'alcool, l'huile de térébenthine, l'éther sulfurique, insoluble dans l'eau et les huiles grasses. Elle se distingue du gluten, parce qu'on n'y trouve point d'azote, et est soluble à l'alcool. Elle a par ce caractère de l'analogie avec les résines; elle se dissout partiellement dans les acides.

Outre ces matières déjà un peu connues, il est vraisemblable que le principe amer, signalé dans les composées par Bouillon-Lagrange (3), sera une substance analogue ou à celle-ci, ou aux précédens. On en pourrait dire autant des polygalées, etc. Le principe amer de l'aloès paraît, d'après M. Liebig (4), rentrer aussi dans cette division. M. Peschier (5) a extrait des bourgeons d'*aspidium filixmas*, par l'éther sulfurique, un principe huileux jaune-verdâtre, gras, visqueux, qui, comme les cires et les résines, est soluble dans l'éther, les huiles, la potasse; mais qui diffère de la cire, en ce qu'il reste dissous dans l'huile de térébenthine, et des résines, en ce qu'il se précipite de l'alcool. L'acide

---

(1) Bull. de Féruss. sc. chim., 1824, p. 27.
(2) *Ibid.*, 3, p. 321.
(3) Ann. chim., 55, p. 35.
(4) Ann. phys., 37, p. 172.
(5) Bibl. univ., avril, 1826, p. 374; Bull. de Fér. sc. chim., 7, p. 151.

sulfurique s'y colore en rouge, et dépose un principe adipocireux d'un jaune rougeâtre. Sa composition est inconnue. M. Morin trouvé dans le chardon bénit (1) un principe amer, qu'il nomme *chardonin*, mais dont je ne connais pas de description.

§. 5. Des matières tannantes.

De toutes les classes de matières qu'on rencontre dans les végétaux, les matières tannantes, qui se trouvent être aussi ordinairement les matières astringentes, sont peut-être celles dont l'histoire offre le plus d'ambiguité. On a long-temps désigné sous le nom de *tannin* une substance abondante dans la noix de galle et dans un grand nombre d'écorces de dicotylédones, et qui n'avait d'autres caractères distinctifs que d'être astringente, d'être soluble à l'eau, et de précipiter la dissolution de colle-forte : cette dernière propriété est liée à celle de s'unir à la gélatine des cuirs, et d'opérer en eux cet état de solidité et d'insolubilité à l'eau, qui est le résultat du tannage. Mais on n'a pas tardé à s'apercevoir que cette matière était loin d'être simple. D'après M. Chevreul (2), elle se compose d'acide gallique, d'un principe jaune particulier, d'une matière azotée, et d'une substance plus spéciale, que M. Berzélius considère comme le tannin pur.

Celui-ci est incolore, susceptible d'être pulvérisé. Il n'est point déliquescent ; mais il est très-soluble dans l'eau, l'alcool et l'éther. Il s'unit aux acides, et quand ceux-ci ne sont pas en excès, les composés ont une saveur astringente et nullement aigre.

---

(1) Bull. sc. chim., 9, p. 287.
(2) Leçons de chim. tinct., 30, p. 191-200.

Ces composés sont très-solubles dans l'eau. Le tannin pur se comporte avec les bases à la manière d'un acide ; mais il diffère des acides sous ce rapport, qu'il se combine aussi avec eux, et peut être considéré comme une base (1).

Le tannin, plus ou moins mélangé avec les matières que je viens de désigner, et peut-être avec plusieurs autres, est une des substances les plus généralement répandues dans les végétaux dicotylédones, savoir :

1°. Dans les galles de chêne ;

2°. Dans l'écorce du chêne et de presque toutes les amentacées, des rosacées ligneuses, et dans l'écorce de la racine des rosacées vivaces, dans l'écorce d'un grand nombre d'arbres appartenant à plusieurs familles diverses, tels que les sumac, etc. ;

3°. Dans le cachou, qui est un extrait de l'écorce du *mimosa catechu*, et de quelques espèces analogues ;

4°. Dans les gousses de l'*acacia farnesiana*, dans le *bablah*, qui est la gousse de quelques acacias mal déterminés, et peut-être de l'*A. cineraria*. Plusieurs gousses de légumineuses paraissent, d'après leur astringence, devoir en contenir. On le retrouve de même en abondance dans le brou du noyer, qui sert à la teinture en noir, comme toutes les matières qui ont de l'acide gallique, lequel est presque toujours accompagné de tannin.

5°. Il paraît exister encore à un état particulier, selon M. Vogel, dans l'écorce de ratanhia, qui est celle du *krameria triandra*.

6°. On le trouve encore dans la matière d'origine encore un peu obscure qu'on appelle gomme-kino, et qui paraît être exsudée par l'écorce du *coccoloba uvifera*.

Cette substance est plus rare dans les monocotylédones. On en a cependant un exemple abondant dans les fruits du palmier, qui fournit à la préparation du bétel, et que Linné nomme *arcea catechu*. Elle existe aussi dans les rhizomes de la fougère mâle. Je ne sache pas qu'on l'ait encore signalée directement

---

(1) Gay-Lussac, leçon 25, p. 15.

dans les cellulaires, quoique la saveur très-astringente de certains champignons puisse l'y faire soupçonner.

On forme artificiellement une matière assez analogue au composé primitivement appelé tannin, soit en traitant le charbon, l'indigo, les résines, etc., par l'acide nitrique, soit en traitant le camphre, les résines, par l'acide sulfurique. Quoique ce tannin artificiel ne soit pas rigoureusement identique avec le tannin naturel, qui lui-même, comme nous l'avons dit, est un composé indéfini, on entrevoit dans ces conversions l'analogie qui existe entre le tannin et les matières résineuses si habituellement propres aux écorces.

§. 6. Des matières colorantes.

Je considérerai dans cet article les matières colorantes dans les rapports qu'elles ont avec les sécrétions, et je réserverai pour une autre occasion (chap. VIII du liv. IV) l'étude des couleurs végétales considérées dans l'état des végétaux vivans et dans leurs rapports directs avec la physiologie.

Les chimistes ayant en général beaucoup plus considéré l'application technologique que l'histoire physiologique des matières colorantes, n'ont guère décoré de ce nom que les matières susceptibles d'être isolées et transportées sur d'autres corps : pour eux, le mot de colorantes s'entend des matières susceptibles de colorer d'autres corps ; pour le physiologiste, il désigne les matières qui colorent les parties des végétaux. Nous les énumérons ici, en réservant pour le chapitre *des colorations végétales* l'histoire plus spéciale de ces matières, considérées à l'état de vie. Nous nous aiderons principalement, dans tout cet article, des documens fournis par M. Chevreul dans ses excellentes leçons de chimie appliquée à la tein-

ture (les 29 et 30[e]); mais nous tenterons de distribuer les faits dans un ordre analogue à notre but, savoir, celui des organes qui fournissent les matières colorantes ou colorées reconnues par les chimistes. Ces organes sont les corps ligneux ou les écorces de dicotylédones, les troncs ou racines de monocotylédones, les feuilles ou herbes, les fleurs, les fruits ou la masse entière de la plante.

A. *Matières colorantes des corps ligneux des exogènes.*

Le corps ligneux des arbres est toujours blanc à l'état d'aubier, et souvent à l'état de bois; mais quelquefois il se dépose dans les cellules du bois avec la lignine des matières diversement colorées, noires dans l'ébène, rouges dans le campêche, jaunes dans les mûriers, etc. Les chimistes ont étudié et désigné par des noms spéciaux celles qu'ils ont pris soin d'isoler; mais il n'est pas douteux que leur énumération est très-loin d'être complète. Il est vraisemblable que les matières observées dans certaines espèces où elles sont assez abondantes ou assez faciles à séparer pour servir à la teinture, existent aussi dans les espèces ou genres analogues d'où on n'a pas encore tenté de les séparer. Ainsi, tous les mûriers qui ont le bois jaune sont très-probablement colorés par le morin; les térébinthacées à bois jaune ont probablement quelque matière analogue au fustet; tous les bois colorés des légumineuses le sont aussi sans doute par des matières analogues à la santaline, à la brésiline et à l'hématine; mais on ignore entièrement l'histoire de la coloration des bois dans les autres familles. Voici les matières qui ont été caractérisées jusqu'ici.

a. *Hématine.*

M. Chevreul désigne sous ce nom (1) le principe colorant du

---

(1) Leçon 29, p. 42.

bois de campêche (*hœmatoxylon*), qu'on en retire par une infusion dans l'eau chaude. Ce principe, isolé de toutes les matières étrangères, paraît formé de carbone, d'oxigène, d'hydrogène, et probablement d'un peu d'azote, puisque la distillation en retire un peu d'ammoniaque. Il cristallise en cristaux d'un blanc rosé. Il a peu de saveur, est peu soluble dans l'eau froide, mais se dissout en totalité dans l'eau bouillante, et lui donne une couleur rouge orangée. Il se dissout dans l'alcool et l'éther.

b. *Brésiline.*

Le bois de Brésil (*cœsalpinia crista*) paraît contenir un principe analogue à l'hématine, mais à peine connu à l'état de pureté que M. Chevreul (1) nomme *brésiline*. Elle paraît susceptible de cristalliser en petites aiguilles de couleur orangée; elle est soluble dans l'eau, l'alcool et l'éther hydratique. Sa solution aqueuse est moins rouge à dose égale que celle de l'hématine. On ignore si elle est azotée, comme la précédente, ou réduite aux élémens ordinaires des végétaux, comme la suivante.

c. *Santaline.*

Elle est produite par le bois de *pterocarpus santalinus*, connu sous le nom de santal rouge. 100 grammes de ce bois donnent 16,75 de cette matière. M. Pelletier la croit dépourvue d'azote dans sa composition. Elle a l'aspect d'une matière résineuse, molle, d'un rouge brun, et se fond à la chaleur de l'eau bouillante. Elle précipite la gélatine, et colore la peau en rouge.

d. *Morin.*

M. Chevreul (2) donne ce nom à la matière colorante du bois jaune, lequel est le corps ligneux du *morus tinctoria*; mais cette matière est moins bien connue que les précédentes. Elle paraît un

(1) Leçons de chim. tinct., 29, p. 53.
(2) Leçon 30, p. 150.

peu acide, peu soluble dans l'eau même bouillante, plus soluble à l'alcool et plus encore à l'éther. La solution alcoolique évaporée cristallise à la distillation; les cristaux sublimés colorent sur-le-champ le sulfate de peroxide de fer en vert-dragon. La solution aqueuse de morin, exposée à l'action de l'oxigène, devient rouge.

e. *Fustet* (1).

Le fustet (*rhus cotinus*) cède à l'eau une matière colorante jaune, qui paraît susceptible de cristalliser. Obtenue à l'état sec par l'évaporation, elle est sous forme d'un vernis brillant d'un jaune orangé verdâtre. Elle est astringente, soluble dans l'eau, l'alcool et l'éther. Elle forme avec la potasse un composé pourpre. Il est probable qu'elle est un peu acide.

B. *Matières colorantes des écorces d'exogènes.*

Les écorces sont, dans la nature, beaucoup plus fréquemment colorées que les bois, puisque ce sont elles qui reçoivent en beaucoup plus grande quantité les sucs divers élaborés dans les parties foliacées, et qu'étant situées plus près de la surface, l'action de l'air, de la lumière, de l'évaporation, peuvent jouer un plus grand rôle dans leur élaboration. Celles des matières colorantes qui en ont été extraites sont les suivantes :

a. *Quercitrin.*

Le quercitrin, selon la nomenclature de M. Chevreul, est la matière extraite du quercitron, c'est-à-dire, l'écorce intérieure du *quercus tinctoria* (2). Cette matière s'obtient par l'infusion ou la décoction du quercitron, et se dépose sous la forme d'une matière cristalline nacrée d'un jaune pâle un peu gris. Elle est

---

(1) Chevr., leçon 30, p. 169.

(2) Et non du *quercus nigra*. Les Anglo-Américains donnent au *Q. tinctoria* le nom de *blak oak*; mais ce n'est pas le *Q. nigra* des botanistes.

un peu acide, un peu soluble à l'eau, davantage dans l'alcool et très-peu dans l'éther. L'influence de l'oxigène paraît la pousser au rouge, comme le morin, avec lequel elle a du rapport.

b. *Orcanettine.*

Cette matière a été extraite de l'écorce de la racine de l'orcanette des teinturiers, nom sous lequel on confond le plus souvent le *lithospermum tinctorium*, l'*anchusa tinctoria*, l'*onosma echioides*, et probablement d'autres borraginées vivaces; car elles ont toutes plus ou moins la racine rouge. Cette matière (1) paraît dépourvue d'azote et analogue aux résines. Elle est fusible à 60° cent., et sa couleur rouge est si foncée, qu'elle semble noire. L'eau la dissout à peine; les huiles fixes, l'éther et l'alcool la dissolvent, et se colorent en rouge. On l'en précipite par l'eau.

c. *Alizarine.*

L'écorce de la racine de la garance des teinturiers (*rubia tinctorum*) produit trois (2) matières colorantes distinctes, qui paraissent se retrouver ou réunies ou séparées dans les racines vivaces des autres rubiacées étoilées, et même dans quelques autres tribus de la même famille. L'alizarine en particulier est d'un rouge orangé, sous forme de petites aiguilles, et se volatilise sans altération. Elle est peu soluble à l'eau, très-soluble à l'alcool, qu'elle colore en rouge, et à l'éther, qu'elle colore en jaune. Elle paraît la base du principe rouge de la garance.

d. *Purpurine.*

La purpurine, découverte par MM. Colin et Robiquet, est très-rapprochée de l'alizarine, peut-être identique avec elle. Ses cristaux sont d'un ponceau plus ou moins foncé. Elle est plus soluble à l'eau, et sa solution est d'un rouge plus vineux. Dans

---

(1) Pellet., Bull. pharm., 6, p. 445; Chevr., Leçons chim. tinct., 29, p. 80.

(2) Chevr., Leçons chim. tinct., 29, p. 83-88, et 30, p. 118.

presque toutes les autres solutions, on retrouve cette intensité plus grande de la couleur rouge. Elle paraît la base du principe rose de la garance selon MM. Gaultier et Petroz; mais il est très-douteux que ce principe soit spécifiquement différent du précédent.

e. *Xanthine.*

Enfin la xanthine de Kuhllman, ou le principe jaune de la garance, est d'une couleur orangée, très-soluble dans l'eau et l'alcool, faiblement soluble dans l'éther. Les acides l'amènent au jaune citron, et les alcalis au rouge.

C. *Bois, rhizomes et racines d'endogènes.*

Soit que les endogènes aient été moins étudiées à raison de leur habitation exotique, soit qu'elles contiennent réellement moins de matières colorantes, ou que simplement, leur nombre dans la nature étant moindre, on ait dû en obtenir moins, il est certain que ces végétaux ont fourni beaucoup moins de matières colorantes. On ne peut guère citer que le sang-dragon et le curcuma.

a. *Sang-dragon.*

L'origine et l'histoire des sangs-dragons du commerce est extrêmement obscure. On en retire du *pterocarpus draco*, des *P. indicus* et *santalinus*, qui appartiennent aux légumineuses; du *dracœna draco*, qui fait partie des asparagées; du fruit des *calamus draco, verus* et *rudentum*, qui se classent à la suite des palmiers (1); et le *xanthorhœa hastilis* paraît fournir, d'après M. Viguet (2), une matière analogue. L'histoire chimique de ces matières se ressent de ce qu'il est bien possible qu'on ait analysé sous un même nom des substances réellement différentes. M. Thompson rapporte le sang-dragon aux baumes, à raison

(1) Fée, Cours d'hist. nat. pharm., 1, p. 292.
(2) Note dans DC., organ. vég., 1, p. 224.

de l'acide benzoïque qu'il contient ; ce que nient MM. Guibourt et Fée. Nous ne pouvons donc que signaler ici ces matières colorantes rouges, qui sont produites, les unes par les troncs ou les fruits des endogènes, les autres par les troncs d'exogènes.

b. *Curcuma.*

Les rhizomes du *curcuma longa* contiennent entre autres principes une matière colorante jaune, que M. Chevreul (1) nomme *curcumine.* Elle paraît dépourvue d'azote. Vue en masse, elle est solide, d'un brun rougeâtre ; divisée, elle paraît jaune. Elle se fond, et surnage l'eau au-dessus de 40°. Elle est peu soluble à l'eau, qu'elle colore en jaune, et beaucoup plus à l'éther et à l'alcool, qu'elle colore en rouge orange brun. Les alcalis la tournent en rouge brun, et de là vient son emploi comme réactif pour les reconnaître. On trouve le rhizome rempli de matière jaune dans le *C. amarissima* (2) ; dans d'autres espèces, l'intérieur du rhizome est blanc, gris, ou même bleu.

D. *Parties foliacées (feuilles jeunes, pousses et herbes).*

Un grand nombre de plantes offrent des couleurs susceptibles d'être extraites de leurs parties foliacées ; mais le plus grand nombre étant de peu d'importance pour la teinture, ont été peu étudiées. C'est ainsi, par exemple, qu'un grand nombre de composées, telles que la sarrête, l'*ànthemis tinctoria*, etc., donnent des couleurs, mais sur lesquelles je ne connais pas de travaux suffisans pour qu'il vaille la peine de les mentionner. Je me bornerai aux exemples suivans :

a. *Lutéoline.*

L'herbe de la gaude (*reseda luteola*) est depuis long-temps connue dans les arts à cause de la couleur jaune qu'on en tire. Cette couleur tient à une matière que M. Chevreul nomme *lutéoline.*

---

(1) Leçons de chim. tinct., 30, p. 178.

(2) *Voyez* le bel ouvrage sur les scitaminées de M. Roscoe, 1 vol. in-f°, 1828.

Elle cristallise par sublimation en aiguilles transparentes d'un jaune léger. Elle est plutôt acide qu'alcaline, peu soluble à l'eau, plus soluble à l'alcool et l'éther. L'eau de potasse la colore en jaune d'or verdâtre, qui, probablement par l'absorption de l'oxigène, tend à passer au roux.

b. *Indigotine.*

L'indigo, plus encore que tous les autres produits des végétaux, a été étudié sous un point de vue de chimie technologique, et nullement sous le rapport physiologique. Nous savons que les parties vertes d'un certain nombre de plantes appartenant à des familles très-disparates, savoir, les *indigofera anil*, *tinctoria*, etc., parmi les légumineuses; l'*isàlis tinctoria* (1), parmi les crucifères; le *nerium tinctorium*, parmi les apocinées, sont susceptibles, dans des circonstances données, de fournir une matière féculente, qui sert de base à une teinture remarquable par sa beauté et par sa permanence. C'est à l'époque de la fleuraison que les parties vertes des plantes citées contiennent le plus d'indigo. Pour l'obtenir, on les met macérer et fermenter dans l'eau à un degré de température d'environ 27° cent. On sait que l'action de l'oxigène de l'air est nécessaire pour le développement ou tout au moins la coloration de l'indigo. Celui-ci est gris ou blanchâtre, quand il n'a pas reçu l'action de l'oxigène. Dans cet état, on le désigne sous le nom d'indigo incolore, blanc ou désoxigéné. Il devient d'un bleu violet quand il est oxigéné. C'est toujours dans le premier de ces deux états qu'il existe dans les végétaux. Pour l'en extraire, on recueille la pâte solide qui résulte de la fermentation, et on remarque qu'elle exhale, avant de sécher, une odeur ammoniacale. La pâte, desséchée pour les besoins des arts, contient un grand nombre de matières différentes, et qui probablement diffèrent d'une pâte à l'autre. La partie essentielle de ce mélange est l'indigo pur, qui en forme les 47/100 d'après Bergman, ou 45/100 d'après Chevreul.

---

(1) M. Solzer dit qu'un quintal de feuilles de pastel contient 8 onces 38 grains d'indigo. Bull. sc. agr., 8, p. 293.

Réduit à cet état de pureté, l'indigo prend le nom d'*indigotine;* c'est une poudre douce au toucher, d'un bleu foncé, inclinant au pourpre, insipide, inodore, inaltérable à l'air, insoluble dans l'eau, susceptible, lorsqu'elle est sublimée par le feu, de cristalliser en aiguilles, et qui paraît composée de beaucoup de carbone, d'un peu d'oxigène et d'azote. (Voy. le tableau, p. 378.)

L'indigo paraît susceptible de perdre sa couleur bleue, soit en se désoxigénant, soit en s'unissant à l'hydrogène. Il présente, d'après M. Buff. (1), une propriété remarquable parmi les composés organiques : c'est de pouvoir s'unir avec l'oxigène en deux doses déterminées qui sont d'accord avec les couleurs. Selon lui, l'indigo n'est pas décomposé, mais oxigéné par l'acide nitrique, et il admet l'existence des quatre combinaisons suivantes.

	Atomes de Carbone.	Oxigène.	Azote.
Indigo blanc.............	15	0	2
Indigo bleu..............	15	2	2
Acide indigotique.........	15	10	2
Acide carbazotique (2)	10	10	4

Cet exemple pourra peut-être servir à mettre sur la voie pour l'étude des modifications de la chromule, que tout nous conduit à supporter à des degrés divers d'oxigénation.

---

(1) Bull. sc. chim. de Férussac, 12, p. 285.

(2) D'après Liebig (Ann. chim. et phys., 1827, p. 72), l'acide carbazotique est identique avec la matière appelée amer d'indigo, et aussi avec l'amer de Welter ; il rougit la teinture de tournesol et neutralise les bases ; il contient selon lui :

Carbone....................	34,92
Oxigène....................	16,04
Hydrogène..................	0
Azote......................	49,03

c. *Chromule.*

Senebier a l'un des premiers attiré l'attention des physiologistes sur le rôle du parenchyme dans la coloration des feuilles : il a montré que la couleur de ces organes ne tient point à la cuticule qui les recouvre, mais qu'elle réside dans les cellules du parenchyme. On en peut dire autant de toutes les surfaces foliacées, sauf de légères exceptions que nous examinerons plus tard. En général, la couche de cellules qui forme la cuticule, et les cellules qui forment les poils, manquent de cette matière; mais on en trouve cependant, selon M. Rœper, dans la cuticule externe du péricarpe de *nigella damascena* et dans quelques poils de la courge, etc. Senebier a fait aussi remarquer que la matière qui remplit les cellules du parenchyme, ne prend sa couleur verte que lorsque l'organe a été exposé pendant sa vie à l'action directe des rayons solaires, et par conséquent lorsqu'il y a eu décomposition d'acide carbonique et fixation de carbone dans son tissu : d'où il conclut que cette matière verte doit être une des plus riches en carbone du règne végétal. Dès-lors, les chimistes ont désigné cette matière sous le nom de *matière verte*, et ont remarqué qu'elle se rapprochait beaucoup de la nature des résines par sa solubilité dans l'alcool. Je la désignai sous le nom de *viridine* dans la Théorie élémentaire pour éviter l'embarras d'un terme composé. M. Desvaux l'a nommée *chloronite*. MM. Pelletier et Caventou (1) l'ayant étudiée avec plus de soin, ont pensé qu'elle devait trouver place parmi les matériaux immédiats, et ont proposé de la désigner sous le nom de *chlorophylle* ; mais dès-lors il m'a paru évident que cette matière, quoique plus souvent verte que de toute autre couleur, est susceptible de se présenter sous diverses teintes. Ainsi, on voit en automne la matière du parenchyme des feuilles et de certains fruits prendre des teintes jaunes, rouges ou fauves; on voit les

---

(1) Journ. de pharm., 3, p. 486; Ann. de chim., oct., 1818, p. 194.

organes foliacés passer graduellement à l'état de bractées ou de calices colorés, sans qu'on puisse présumer que la matière qui remplit leurs cellules a complétement changé de nature. D'après ces motifs, j'ai proposé, dans l'Organographie (1), de donner à cette matière qui cause toutes les couleurs des surfaces végétales, le nom général de *chromule* qui, dérivé de celui de χρωμος, couleur, peut s'appliquer à tous ses divers états, tandis que le nom de chlorophylle est faux, soit parce que la matière n'est pas toujours verte, soit parce qu'elle n'est pas propre aux feuilles, mais se retrouve dans les écorces, les bractées, les calices, les péricarpes, etc. M. Macaire (2) qui avait considéré le même sujet sous un point de vue plus chimique, était arrivé aux mêmes résultats que moi, et a adopté le terme que j'avais proposé.

La pulpe du parenchyme des feuilles contient diverses matières, savoir : le tissu même des cellules qui est analogue à la lignine, une portion plus ou moins considérable de cire, dont M. Macaire l'a dépouillée, en la faisant bouillir d'abord dans l'éther; une sorte de gluten et quelques autres substances en faible quantité. On se procure (3) la chromule en traitant par de l'alcool rectifié le marc de cette pulpe, après l'ébullition dans l'éther et après l'avoir bien exprimé et lavé. En filtrant et évaporant on obtient une matière d'apparence résineuse, et qui est d'un vert foncé lorsqu'on a opéré sur des feuilles vertes. Au moyen de l'eau bouillante on en sépare une matière extractive brune, et on a alors la chromule verte isolée; elle n'est point cristallisable, ne s'altère point à l'air, se ramollit d'abord au feu, puis se décompose à la manière des substances végétales. Elle est insoluble dans l'eau, facilement soluble dans l'alcool, l'éther, les huiles grasses et essentielles, de même que dans les dissolutions alcalines de potasse et de soude, et dans l'acide

(1) Organ. vég., 1827, 1, p. 18.
(2) Mémoires de la soc. de phys. de Genève, v. 4 (1828), p. 49.
(3) Thénard, Traité de chim., 3, p. 393.

sulfurique concentré et l'acide acétique. MM. Pelletier et Caventou la regardent comme une matière très-hydrogénée. Il est vraisemblable qu'elle est principalement composée d'hydrogène, de carbone et d'une petite dose d'oxigène; mais on n'en a point d'analyse exacte par le chlorate de potasse ou l'oxide de cuivre.

La quantité de carbone que la chromule paraît contenir varie évidemment d'après les circonstances où elle se forme; lorsqu'elle se développe dans un organe exposé à la lumière solaire, l'acide carbonique, en se décomposant, doit y déposer beaucoup de carbone : ce dépôt de carbone paraît la cause immédiate de sa couleur verte. Aussi, lorsque la plante est à l'obscurité et qu'il n'y a pas décomposition de l'acide carbonique, ou, en d'autres termes, lorsqu'elle est *étiolée*, la pulpe est blanche ou légèrement jaunâtre, soit que la chromule, faute de charbon, ne soit pas formée, soit qu'étant formée elle soit décolorée.

La quantité d'oxigène semble aussi susceptible de varier dans cette matière. M. Senebier a dès long-temps observé que les feuilles colorées en automne n'exhalent plus de gaz oxigène au soleil, M. Macaire a expérimenté que les feuilles encore vertes, mais qui approchent du moment de changer de couleur, n'exhalent plus d'oxigène pendant le jour, mais continuent à en inspirer pendant la nuit, et que cette dernière fonction continue encore un peu dans celles qui changent de couleur : d'où il a conclu, que cet oxigène, en se fixant sur la chromule, lui donne une teinte jaune, ou, si l'oxigénation augmente, une teinte rouge. Il a vu que les feuilles, jaunies à l'automne, du peuplier d'Italie, traitées par le procédé décrit ci-dessus, donnent une chromule jaune qui ne diffère d'ailleurs de la chromule verte que par son insolubilité dans les huiles grasses et essentielles. Infusée même à froid dans les alcalis, elle devient d'un beau vert et soluble dans l'huile. La chromule rouge des feuilles du sumac, prises à l'automne, redevient verte par les alcalis. Au contraire, les acides amènent la chromule verte des plantes, d'abord au jaune, puis au rouge, selon l'intensité de leur action. M. Ma-

caire a vu encore que la chromule rouge des bractées et des calices, et même celle des pétales du *salvia splendens*, présente les mêmes propriétés que celle des feuilles qui rougissent en automne. La chromule des fleurs jaunes est aussi ramenée au vert par les alcalis.

Dans tous les cas, la chromule est évidemment élaborée dans les cellules mêmes où elle se trouve ; c'est une opération qui se passe dans la cellule, au moyen, 1° de l'eau chargée de matières mucilagineuses qu'elle reçoit de la sève ascendante ; 2° du carbone qui s'y dépose médiatement ou immédiatement par la décomposition de l'acide carbonique ; et 3° dans quelques cas au moyen de l'oxigène de l'air inspiré.

La fécule verte de *l'acer platanoides* se compose, selon M. Raspail (1), de granules ayant 1/30 de millimètre de diamètre. Elle est formée d'une enveloppe incolore pleine de grains verts. Ceux-ci peuvent perdre leur couleur par l'alcool et l'éther. M. Raspail dit qu'on aurait tort de la prendre pour une substance immédiate.

On ne trouve en général la chromule que dans les cellules arrondies ou presque arrondies ; elle manque dans les cellules alongées et dans les divers ordres de vaisseaux : c'est ce qui fait que les nervures des feuilles et des écorces, les pétioles des feuilles et les organes analogues sont généralement sans couleur, car le tissu est toujours blanc, et ce sont les matières seules qu'il renferme qui le font paraître coloré. L'action des vaisseaux en particulier est évidemment inutile à la formation de la chromule, puisqu'elle existe très-développée dans les mousses et les algues qui n'ont point de vaisseaux. L'action des stomates y est aussi inutile, puisqu'elle existe, soit dans les plantes déjà citées, soit dans les fruits charnus qui en sont dépourvus. Il résulte de ces faits que la chromule est une matière propre au tissu parenchymateux des surfaces végétales, et que, selon les variations des combinaisons d'oxigène et de carbone dont elle est susceptible, elle peut présenter des couleurs très-variées. Je me

(1) Bull. sc. chim., 8, p. 533.

bornerai ici à ce premier examen général de la chromule, considérée comme un des matériaux produits par la nutrition, et je remets à un chapitre spécial (Liv. IV, ch. VIII) l'étude détaillée de la coloration des végétaux.

E. *Matières colorantes des fleurs.*

Je réserve pour le chapitre de la coloration des végétaux tout ce qui tient aux modifications de la chromule, d'où résulte la couleur des fleurs, et je me bornerai à indiquer ici les matières spéciales qui en ont été extraites, et qu'on classe parmi les produits immédiats des végétaux, quoiqu'elles ne soient peut-être que des modifications de la chromule.

a. *Carthamine.*

La corolle et les étamines du carthame des teinturiers (*carthamus tinctorius*), traitées à l'eau, donnent sur 1.000 parties environ 244 d'une matière qui a reçu le nom de *carthamine* (1). Sa composition est inconnue. Vue par réflexion, elle est d'un jaune d'or, et par transmission, elle est rouge. Elle est peu ou point soluble dans l'eau; l'alcool froid la dissout et se colore en rose; chaud, il se colore en orangé. L'éther la dissout moins que l'alcool. Sa couleur est peu solide. On a remarqué que le moment le plus favorable pour cueillir la fleur est celui où elle se fane.

b. *Polychroïte.*

MM. Vogel et Bouillon-Lagrange (2) ont tiré du stigmate du safran (*crocus sativus*) une matière qu'ils n'ont pu entièrement séparer de l'extrait, et qui en formait environ les trois quarts de son poids; l'extrait lui-même faisait 65/100 de la matière totale. Ils ont donné à la partie colorante le nom de polychroïte; elle est pulvérulente, d'un jaune intense, très-soluble dans l'eau et dans l'alcool, très-peu dans l'éther sulfurique, et point du tout dans

---

(1) Chevr., Leçons de chim. tinct., 29, p. 72; 30, p. 106.
(2) Ann. chim., 80, p. 188; Fée, Cours, 1, p. 342.

les huiles. Elle est composée, selon M. Perotti (1), de cire, de résine, de potasse et d'un acide, et, mêlée, selon M. Henry, à une huile volatile ; sa saveur est amère, piquante ; son odeur, suave. Elle n'est point connue à l'état de pureté, et peut à peine encore trouver place dans cette énumération.

c. *Rhœadine.*

La matière colorante des pétales du coquelicot (2) forme 0,40 de leur poids. Elle y est fort adhérente, mais cependant soluble dans l'alcool, dans les acides sulfurique, nitrique, hydrochlorique. Elle est décolorée par le chlore, et passe au noir par les alcalis.

F. *Matières colorantes des fruits.*

Les fruits sont colorés à leur surface par des modifications de chromule ou d'autres circonstances dont nous parlerons ailleurs. Plusieurs ont des sucs colorés, tels, par exemple, que la pêche sanguine, etc., etc., dont je ne sache pas que les chimistes se soient occupés. Un petit nombre, susceptibles de produire des matières colorantes saisissables et transportables sur d'autres corps, ont seuls attiré leur attention. Tels sont ceux qu'on extrait de la *graine d'Avignon*. On désigne sous ce nom le péricarpe et les graines du *rhamnus infectorius* et de quelques espèces analogues. Ce fruit cède à l'eau, entre autres corps (3), 1° une matière colorante jaune qui paraît volatile, et qu'on n'a pu encore isoler d'une substance soluble à l'eau, peu soluble à l'alcool et insoluble à l'éther ; 2° une matière amère encore peu connue ; 3° un principe rouge, qui se change en brun par l'effet de l'air.

Un grand nombre de fruits colorés doivent leurs teintes variées à une grande diversité de matières. Ainsi M. Taddei a examiné la

(1) Bull. sc. chim. de Féruss., XI, p. 390.
(2) Riffard, Journ. pharm., 1826, p. 413.
(3) Chevr., Cours chim. tinct., 30, p. 174.

matière colorante des raisins noirs (1) ; celle des cynorrhodons ou fruits des rosiers est résineuse selon Bilz (2) ; celle du *sambucus canadensis* (3) peut servir, comme réactif, pour découvrir les acides et les alcalis, tandis que la belle matière colorante du phytolacca ne peut remplir cet office, etc.

G. *Matières colorantes des lichens.*

Pour ne pas morceler ce qui est relatif aux principes colorans, je dirai ici quelques mots de deux matières qu'on a extraites des lichens. Les teinturiers confondent sous les noms d'orseille de mer, de terre, etc., plusieurs lichens différens ; mais nous n'avons encore d'analyse que d'une seule espèce, *variolaria dealbata*, qu'on dit la vraie parelle ou orseille d'Auvergne, dans laquelle M. Robiquet a trouvé, outre une résine qu'il regarde comme une modification de la chromule, deux principes particuliers, qu'il nomme varioline et orcine (4).

a. *Varioline.*

Elle se cristallise en aiguilles blanches ; elle se fond à une température plus élevée, se sépare en deux parties, l'une inaltérée, l'autre réduite en huile essentielle. Elle est soluble à l'alcool et l'éther, est neutre aux réactifs colorés, et ne développe aucune couleur sous l'action des alcalis et des acides même au contact de l'oxigène.

b. *Orcine.*

Est le vrai principe colorant de l'orseille. Elle est incolore, nauséabonde, neutre aux réactifs colorés. Elle se fond au feu, et se sublime sans altération, se dissout dans l'eau, et cristallise en prismes quadrangulaires. L'acide nitrique la colore en rouge ;

---

(1) Bull. sc. chim., 3, p. 315.
(2) *Ibid.*, 3, p. 317.
(3) Cozzens, *Ann. lyc. New-York*, 1, p. 54.
(4) Chevr., Leçons, 30, p. 109.

elle se colore en violet sous l'influence de l'ammoniaque et de l'air atmosphérique.

§. 8. Composition élémentaire des matériaux des végétaux.

L'énumération que j'ai présentée des produits végétaux, soit dans ce chapitre, soit dans le précédent, est peut-être incomplète, peut-être incorrecte à quelques égards, soit à raison de l'état actuel de la chimie, soit, je dois l'avouer, parce que cette science n'a pas fait l'objet spécial de mes études. J'ai tâché de présenter la série des faits dans l'ordre qui m'a paru le plus propre à éclairer la physiologie, et je m'estimerais heureux si cet essai pouvait engager quelque savant, à la fois voué à la botanique et à la chimie, à reprendre ce travail, qui sera toujours imparfait tant qu'il ne sera traité que par des esprits accoutumés à n'étudier que les combinaisons organiques ou les combinaisons chimiques isolées les unes des autres.

On trouvera peut-être que j'ai donné trop de détails, de simple compilation, sur des objets en apparence un peu étrangers à mon but; mais je puis affirmer au contraire que j'ai été bien plus occupé à les réduire qu'à les étendre : ainsi, j'ai exclu à dessein de cet exposé rapide une foule de matières composées, dont la nature est encore trop obscure, et en particulier toutes celles que les anciens chimistes ont confondues si long-temps sous le nom d'*extrait* ou d'*extractif*; j'en ai éloigné aussi toutes les matières végétales qu'on n'a pas encore trouvées sur des végétaux vivans, telles que celles qui sont produites par les opérations des chimistes ou par la décomposition naturelle des corps.

Pour abréger chacun des articles partiels, et présenter sous une forme *synoptique* la composition élémentaire des matériaux immédiats des végétaux, je crois devoir terminer ce chapitre par un tableau où j'ai réuni les résultats des analyses les plus dignes de confiance, disposées dans un ordre propre à les comparer avec facilité.

Quoique j'en sente toute l'importance, je n'ai point essayé d'insérer dans ce tableau les analyses végétales rapportées aux atomes, soit parce que les chimistes ne sont pas encore bien d'accord sur la manière de les considérer, dans les corps d'origine organique, soit parce que mon but étant essentiellement comparatif, il ne serait point rempli par le petit nombre de corps végétaux dont les atomes ont été calculés avec quelque précision.

TABLEAU DE LA COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE DES MATÉRIAUX DES VÉGÉTAUX.

I. MATÉRIAUX HYDROCARBONÉS.

1. NEUTRES.

	GOMME. Selon Gay-Lus. et Thenard.	GOMME. Berzélius.	GOMME. Th. de Sauss.	GOMME. W. Prout.	FÉCULE. Gay-Lussac et Thenard.	FÉCULE. Berzélius.	FÉCULE. Th. de Sauss.	FÉCULE. J. Marcet.	FÉCULE. W. Prout.	SUCRE DE CANNE. Lavoisier.	SUCRE DE CANNE. Gay-Lussac et Thenard.	SUCRE DE CANNE. Berzélius.
Carbone	42,23	41,906	45,84	41,4	43,55	43,481	45,39	43,7	44,0	28,00	42,27	44,200
Oxigène	50,84	51,306	48,26	52,2	49,68	49,483	48,31	49,7	49,6	64,00	50,63	49,015
Hydrogène	6,93	6,288	5,06	6,5	6,77	7,064	5,90	6,6	6,4	8,00	6,90	6,785
Azote	0,0	0,0	0,44	0,0	0,0	0,0	0,40	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ou		et plus tard										
Carbone	43,23	57,318	45,84	41,4	43,55	43,481	45,39	43,7	44,0	28,00	42,27	44,200
Eau (ou ses élémens)	57,77	42,682	46,67	58,6	56,45	56,519	50,48	56,3	56,0	72,00	57,53	55,790
Oxigène excédant	0,0	0,0	7,05	0,0	0,0	0,0	3,76	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Azote	0,0	0,0	0,44	0,0	0,0	0,0	0,40	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

	SUCRE CANDI. W. Prout.	DE RAISIN. Th. de Sauss.	D'AMIDON. Th. de Sauss.	D'AMIDON. W. Prout.	DE MANNE. Henry et Plisson.	DE MANNE. W. Prout.	LIGNINE. Gay-Lussac et Thenard.	LIGNINE. W. Prout.
Carbone	42,85	36,71	37,29	36,20	44,104	38,70	52,00	50,00
Oxigène	50,78	56,71	55,87	56,72	49,760	54,50	41,25	42,58
Hydrogène	6,34	6,78	6,84	7,08	6,136	6,80	5,75	7,50
Azote	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ou								
Carbone	42,85	36,71	37,29	36,20	44,104	38,70	52,00	50,00
Eau (ou ses élémens)	57,15	60,08	60,78	63,80	55,896	61,30	48,00	50,00
Oxigène excédant	0,0	3,41	1,93	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Azote	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

2. ACIDES.

	ULMIQUE. P. Boullay.	GALLIQUE. Berzélius.	ACÉTIQUE. Berzélius.	ACÉTIQUE. W. Prout.	ACÉTIQUE. Gay-Lussac et Thenard.
Carbone	56,70	56,64	46,83	47,05	50,224
Oxigène	38,50	38,36	46,82	47,08	44,127
Hydrogène	4,80	5,00	6,35	5,87	5,627
Azote	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ou					
Carbone	56,70	56,64	46,23	47,05	50,224
Eau (ou ses élémens)	43,30	43,36	53,17	52,95	46,916
Oxigène excédant	0,0	0,0	0,0	0,0	2,865
Azote	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

II. MATÉRIAUX SUROXIGÉNÉS.

1. ACIDES VRAIS.

	ACIDE CITRIQUE. Gay-Lussac et Thenard.	ACIDE CITRIQUE. Berzélius.	ACIDE CITRIQUE. W. Prout.	KINIQUE. Henry et Plisson.	MALIQUE. Vauquelin.	MALIQUE. W. Prout.	MALIQUE. Fromherz.	MALIQUE. Liebig.
Carbone	33,811	41,309	34,28	34,115	38,3	40,68	29,357	41,238
Oxigène	59,869	54,831	60,07	60,325	54,9	54,24	65,863	55,879
Hydrogène	6,330	3,800	4,65	5,560	6,8	4,86	4,780	2,383
Azote	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ou								
Carbone	33,811	41,309	34,28	34,115	38,3	40,68	29,357	41,238
Eau (ou ses élémens)	52,749	34,234	42,8[illegible]	50,090	61,7	45,76	47,054	21,468
Oxigène excédant	13,440	24,397	22,8[illegible]	15,995	0,0	13,56	23,599	36,794
Azote	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

	OXALIQUE. Gay-Lussac et Thenard.	OXALIQUE. Berzélius.	OXALIQUE. W. Prout.	TARTARIQUE. Gay-Lussac et Thenard.	TARTARIQUE. Berzélius.	TARTARIQUE. W. Prout.
Carbone	26,566	33,78	19,04	24,050	35,980	32,0
Oxigène	70,689	66,22	76,21	69,321	60,213	64,0
Hydrogène	2,745	0,0	4,75	6,629	3,807	4,0
Azote	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ou						
Carbone	26,566	33,78	19,04	24,050	35,980	32,0
Eau (ou ses élémens)	22,872	0,0	42,85	55,240	34,297	36,0
Oxigène excédant	50,562	66,22	38,11	20,710	29,723	32,0
Azote	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

2. ACIDE ET BASE?

	TANNIN. Berzélius.
Carbone	51,160
Oxigène	44,654
Hydrogène	4,186
Azote	0,0
ou	
Carbone	51,160
Eau (ou ses élémens)	41,477
Oxigène excédant	3,568
Azote	0,0

III. MATÉRIAUX SURHYDROGÉNÉS.

	1. ACIDES. BENZOIQUE. Berzélius.	PHOCÉNIQUE. Chevreul.	STÉARIQUE. Chevreul.	2. SUCRES. MANNITE. Th. de Sauss.	MANNITE. Henry et Plisson.	GLICIRINE. Chevreul.
Carbone	74,41	66,39	80,145	38,53	38,770	40,071
Oxigène	20,02	26,03	7,377	53,60	8,487	51,004
Hydrogène	5,27	7,58	12,478	7,87	52,743	8,925
Azote	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ou						
Carbone	74,41	66,39	80,145	38,53	38,770	40,071
Eau (ou ses élémens)	20,27	26,35	8,288	60,70	9,546	57,372
Hydrogène excédant	5,02	7,26	11,567	0,77	31,684	2,557
Azote	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

3. RÉSINEUX, RÉSINOIDES OU CIREUX.

	SOUS-RÉSINE. ALOUCHINE. Henry et Plisson.	SOUS-RÉSINE. AMYRINE. Henry et Plisson, *id.* 1830.	AMYRINE. *id.* 1831.	SOUS-RÉSINE. BREINE. Henry et Plisson.	CAOUTCHOUC. Fée.	CAOUTCHOUC. Faraday.
Carbone	82,64	79,11	81,04	79,72	88,47	82,3
Oxigène	6,33	13,55	8,48	9,62	0,0	0,0
Hydrogène	11,00	7,44	10,47	10,65	12,80	14,2
Azote	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ou						
Carbone	82,64	79,11	81,04	79,72	88,47	82,3
Eau (ou ses élémens)	7,14	15,55	9,54	10,82	0,0	0,0
Hydrogène excédant	10,21	5,64	9,41	9,45	12,80	14,2
Azote	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

	SOUS-RÉSINE. CARIOPHYLLINE. Henry et Plisson.	CEROXYLINE. Henry et Plisson.	CIRE (d'abeille). Thenard.	RÉSINE. COLOPHANE. Gay-Lussac et Thenard.	COPAL. Gay-Lussac et Thenard.	ÉLATÉRINE. Hennell.	PIPÉRINE. Henry et Plisson.	SALICINE. Pelouze et Gay-Lussac.
Carbone	81,92	83,20	81,784	75,944	76,811	17,0	76,100	55,491
Oxigène	5,73	5,75	5,544	13,337	10,606	18,0	13,626	36,325
Hydrogène	12,25	11,05	12,672	10,719	12,383	11,0	10,274	8,184
Azote	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ou								
Carbone	81,92	83,20	81,784	75,944	76,811	17,0	76,100	55,491
Eau (ou ses élémens)	6,44	6,47	12,455	15,156	11,930	20,25	15,327	40,860
Hydrogène excédant	5,81	10,33	5,751	8,900	11,059	8,75	8,573	3,649
Azote	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

4. HUILES FIXES. — 5. HUILES ESSENTIELLES.

	4. D'OLIVE. Th. de Saussure.		5. AMANDES AMÈRES. Henry et Plisson.	ANIS fusible à 17°. Th. de Saussure.	ANIS fusible à 20°. Th. de Saussure.	CITRON. Th. de Saussure.	COPALME. Henry et Plisson.	LAVANDE. Th. de Saussure.
Carbone	77,21		74,40	76,487	8,468	86,899	89,25	75,50
Oxigène	9,43		11,79?	13,821	,541	0,0	0,29	13,07
Hydrogène	13,36		6,83	9,352	,531	12,326	10,46	11,07
Azote	0,0		5,97	0,340	,460	0,775	0,0	0,36
ou								
Carbone	77,21		74,40	76,487	8,468	86,899	89,25	75,50
Eau (ou ses élémens)	10,71		13,37	15,547	,887	0,0	0,64	14,59
Hydrogène excédant	12,08		4,45	7,626	,465	12,326	9,82	9,55
Azote	0,0		5,97	0,340	,460	0,775	0,0	0,36

	ROMARIN. Th. de Saussure.	ROSE fusible à 29°. Th. de Saussure.	ROSE fusible à 33°. Th. de Saussure.	TÉREBENTHINE. Gay-Lussac.
Carbone	82,81	82,053	86,743	88,348
Oxigène	7,73	3,949	»	0,0
Hydrogène	9,42	13,124	14,889	11,652
Azote	0,64	0,874	»	0,0
ou				
Carbone	82,81	82,053	86,745	88,348
Eau (ou ses élémens)	8,69	4,442	»	0,0
Hydrogène excédant	8,46	12,631	»	11,652
Azote	0,64	0,874	»	0,0

6. DÉPOTS DES HUILES ESSENTIELLES.

	AURADE. Henry et Plisson.	CAMPHRE. Gobel.	CAMPHRE. Fée.	CAMPHRE. Th. de Saussure.	CAMPHRE. Thomson.	CAMPHRE. Liebig.
Carbone	83,76	74,67	74,38	74,38	73,91	81,763
Oxigène	1,15	14,09	14,61	14,71	11,60	8,535
Hydrogène	15,08	11,24	10,67	10,67	14,49	9,722
Azote	0,0	0,0	0,0	0,34	0,0	0,0
ou						
Carbone	83,76	74,67	74,38	74,38	73,91	81,763
Eau (ou ses élémens)	1,29	15,87	16,43	16,53	13,02	9,600
Hydrogène excédant	14,94	9,46	8,85	8,85	13,07	8,657
Azote	0,0	0,0	0,0	0,34	0,0	0,0

IV. MATÉRIAUX AZOTÉS.

1. ACIDES. — 2. NEUTRES.

	1. ASPARTIQUE. Henry et Plisson.	HYDROCYAN. Gay-Lussac et Thenard.	INDIGOTIQUE. Buff.	2. AMYGDALINE. Henry et Plisson.	ASPARAGINE. Henry et Plisson.	BERBÉRINE. Buchner et Herberg.	COFFÉINE. Pelletier.	ÉMÉTINE. Dumas et Pelletier.
Carbone	37,72	44,39	49,34	58,56	38,38	60,3	46,51	64,57
Oxigène	44,86	0,0	43,04	30,72	34,41	22,1	27,14	22,95
Hydrogène	5,37	3,90	0,0	7,08	6,23	4,4	4,81	7,77
Azote	12,04	51,71	7,62	3,62	22,46	13,2	21,54	4,0
ou								
Carbone	37,72	44,39	49,34	58,56	38,38	60,3	46,51	64,57
Eau (ou ses élémens)	9,67	0,0	0,0	31,10	34,83	24,8	27,49	23,93
Oxigène excédant	40,56	0,0	43,04	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hydrogène excédant	0,0	3,90	0,0	6,70	5,81	1,6	4,46	4,53
Azote	12,04	51,71	7,62	3,62	22,46	13,2	21,54	4,0

	INDIGOTINE. Thomson.	INDIGOTINE. Leroyer et Dumas.	NARCOTINE. Pelletier et Dumas.	GLUTEN. F. Marcet.
Carbone	40,384	73,26	68,88	55,7
Oxigène	46,154	10,43	18,00	22,0
Hydrogène	0,0	2,50	5,91	7,8
Azote	13,462	13,81	7,21	14,5
ou				
Carbone	40,384	73,26	68,88	55,70
Eau (ou ses élémens)	0,0	10,55	18,22	22,27
Oxigène excédant	46,154	0,0	0,0	0,0
Hydrogène excédant	0,0	2,37	5,69	7,53
Azote	13,462	13,81	7,21	14,50

3. ALCALINS.

	BRUCINE. Dumas et Pelletier.	BRUCINE. Henry et Plisson.	CINCHONINE. Brandes.	CINCHONINE. Henry et Plisson.	CINCHONINE. Dumas et Pelletier.	MORPHINE. Dumas et Pelletier.	MORPHINE. Brandes.	MORPHINE. Henry et Plisson.
Carbone	75,04	70,48	79,90	78,88	76,97	72,02	72,00	70,52
Oxigène	11,21	14,91	0,0	2,89	7,97	14,84	17,0	16,70
Hydrogène	6,52	7,81	7,17	8,87	6,22	7,61	5,50	7,98
Azote	7,22	6,79	13,72	9,33	9,02	5,53	13,00	4,78
ou								
Carbone	75,04	70,48	79,90	78,88	76,97	72,02	72,00	70,52
Eau (ou ses élémens)	11,35	16,77	0,0	3,25	8,07	15,02	17,21	18,78
Oxigène excédant	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hydrogène excédant	6,38	5,95	7,17	8,51	6,29	7,43	5,29	5,90
Azote	7,22	6,79	13,72	9,35	9,02	5,53	13,00	4,78

	QUININE. Pelletier et Caventou.	QUININE. Brandes.	QUININE. Henry et Plisson.	STRYCHNINE. Pelletier et Dumas.	STRYCHNINE. Henry et Plisson.	VÉRATRINE. Pelletier et Dumas.
Carbone	75,02	73,80	74,55	78,22	76,40	66,75
Oxigène	10,43	5,55	8,72	6,38	8,21	19,60
Hydrogène	6,66	7,65	8,43	6,54	7,87	8,54
Azote	8,45	13,00	8,29	8,92	7,50	5,04
ou						
Carbone	75,02	73,80	74,55	78,22	76,40	66,75
Eau (ou ses élémens)	10,56	5,62	9,80	6,46	9,23	19,84
Oxigène excédant	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0
Hydrogène excédant	6,53	7,58	7,35	6,46	6,85	8,30
Azote	8,45	13,00	8,29	8,92	7,50	5,04

V? MATÉRIAUX SULFURÉS.

	HUILE VOLATILE DE MOUTARDE NOIRE. Henry et Plisson.	SULFO-SINAPSINE. Henry et Plisson.
Carbone	53,28	50,504
Oxigène	9,44	27,104
Hydrogène	11,18	7,795
Azote	14,91	4,940
Soufre	11,17	9,657

VI? MATÉRIAUX DONT LA COMPOSITION EST INCONNUE.

1. ACIDES.

Abiétique, Equisétique, Fungique, Ginckoique, Glaucique, Igasurique, Kahincique, Kramerique, Lichenique, Méconique, Pectique, Pinique, Rhéique, Selinique, Sylvique, etc.

2. AZOTÉS NEUTRES.

Amanitine, Fibrine vég., Fungine, Gélatine vég., Gentianine, Glutine, Osmazome vég., Plumbagin, Pollinine? etc.

3. ALCALINS.

Aconitine, Atropine, Buxine, Conéine, Corydaline, Daphnine, Daturine, Delphine, Esculine, Eupatorine, Guaranin, Nicotine, Passiflorine, Picrotoxine, Rhabarbarine, Sanguinarine, Smilacine, Solanine, Strychnochromine? Violine.

4. RÉSINOIDES.

Abiétine, Burserine, Corticine, Coloquintine, Caryophylline, Coumarin, Cathartine, Digitaline, Glycyrrhizine, Hespéridine, Jalapine, Laurine, Polygaline, Populine, Quassine, Scillitine, Zanthopicrite, Zéine, etc.

5. COLORANS.

Alizarine, Brésiline, Carthamine, Chromule, Curcumine, Fustet, Hématine, Lutéoline, Morin, Orcanettine, Orcine, Polychroïte, Purpurine, Quercitrin, Rhœadine, Santaline, Varioline, Xanthine, etc.

CHAPITRE XII.

Des Matières minérales qu'on trouve dans les plantes.

ARTICLE PREMIER.

Introduction.

Les matières que nous avons examinées dans les deux chapitres précédens, constituent toutes celles que les chimistes considèrent comme étant propres au règne végétal, comme formant les substances végétales proprement dites; mais on trouve dans les plantes un certain nombre de substances terreuses, alcalines, salines, métalliques, ou de nature inflammable, que les chimistes considèrent comme étrangères aux produits végétaux, et qui souvent, aux yeux du physiologiste même, méritent cette dénomination. M. Saigey (1) a récemment émis l'opinion que ces matières ne devaient pas être considérées comme adventives, mais qu'elles font partie des tissus. Nous devons nous en occuper avec soin, ne fût-ce même que pour apprécier jusqu'à quel point il est vrai de les considérer ou comme étrangers au règne végétal ou comme en faisant des parties nécessaires.

---

(1) Voy. Journ. des sc. d'obs., vol. 2, p. 222.

Ces substances peuvent se ranger sous deux divisions générales : les unes paraissent évidemment absorbées avec l'eau de végétation, et simplement déposées dans diverses parties du tissu ; les autres sont nécessairement formées par la combinaison des corps produits par l'acte même de la végétation avec ceux qui sont tirés du dehors : ainsi, à la première classe pourront appartenir les sulfates ou carbonates de chaux qu'on trouve dans les plantes, et à la seconde on doit rapporter les acétates ou les malates de chaux.

Les matières vraiment végétales étant toutes décomposées par l'action du feu, il en résulte nécessairement que tous les corps de la seconde classe seront altérés par la combustion ; leur partie végétale sera détruite, et leur partie minérale se présentera seule dans les cendres, c'est-à-dire, dans les résidus fixes de la décomposition ignée ou de la combustion : on ne pourra donc avoir connaissance de leur existence dans les végétaux qu'au moyen des analyses par la voie aqueuse. Au contraire, les matières minérales qu'on peut supposer absorbées par les végétaux, étant en général indécomposables par la combustion, resteront intactes et se retrouveront dans les cendres.

Si nous faisons attention à la manière dont les plantes se nourrissent, nous verrons que, placées dans un terreau prodigieusement mélangé de diverses matières, il doit se faire un départ de ces matières en trois classes :

1°. Toutes celles qui sont ou tout-à-fait insolubles dans l'eau ou tellement rares dans la nature, que le terreau n'en contient que des quantités inappréciables, ne doivent pas se retrouver dans le tissu végétal.

2°. Toutes celles qui, à l'état où elles se présentent, sont vénéneuses pour les plantes ou pour certaines plantes, ne peuvent s'y rencontrer que dans des cas rares et exceptionnels, et ne doivent pas faire, au moins dans cet état, partie habituelle des végétaux.

3°. Toutes celles qui ne rentrent ni dans l'une ni dans l'autre de ces deux séries, ont dû se trouver ou pourront se rencontrer dans les analyses des végétaux. Avant d'étudier leur histoire sous le rapport physiologique, il convient d'abord d'exposer rapidement l'énumération des matières qu'on a jusqu'ici trouvées dans les végétaux, et de leurs divers états.

ARTICLE II.

Des Matières purement minérales qu'on trouve dans les plantes.

Nous commencerons d'abord par indiquer succinctement la série des matières d'origine minérale qu'on trouve dans les végétaux; nous étudierons ensuite ce qui tient à leurs variations et à leur origine.

§. 1. Enumération.

Nous énumérerons ces matières en commençant par les divers états des métaux qui se trouvent dans les plantes, puis nous dirons un mot des substances non-métalliques. Dans la première série, nous distinguerons les corps anciennement connus sous les noms de *terres*, d'*alcalis fixes* et de *métaux* proprement dits.

Je me sers pour cette énumération des analyses les plus récentes des chimistes, et en particulier de celles qui sont citées dans les ouvrages de Thénard, de Thompson, de de Saussure, de Davy, dans le Dictionnaire des sciences naturelles et le Cours d'histoire naturelle pharmaceutique de M. Fée; je n'ai pas cité, dans chaque cas l'autorité sur laquelle je m'appuie, vu que cette citation eût été trop longue; j'ai surtout choisi les exemples où l'organe analysé a été indiqué.

A. *Terres et sels terreux.*

Parmi les terres, celles qu'on a trouvées pures ou combinées dans les végétaux sont la chaux, la magnésie, la silice, l'alumine, et peut-être la baryte.

1°. La chaux (oxide de calcium), qui est à la fois la terre la plus abondante dans la nature et l'une des plus solubles, devait à ce double titre se retrouver dans tous les végétaux; aussi dit-on que le *salsola soda* est jusqu'ici la seule plante où on ne l'ait pas observée.

On dit qu'elle est à l'état de chaux pure ou à peine carbonatée dans l'écorce du liége, la bulbe de l'ail, et qu'elle forme l'efflorescence blanche qui recouvre les chara exposés à l'air. Les *carbonates* ou sous-carbonates de chaux sont très-communs dans presque toutes les plantes, notamment dans les feuilles de l'aconit napel, les racines de *polygala senega*, les pailles des graminées, et mélangées avec de la silice dans l'enveloppe pierreuse des graines des lithospermum et des borago, etc. Il n'y en a aucune trace dans plusieurs graines, telles que celles de marronier d'Inde, de fève, de maïs et d'orge.

Le sulfate de chaux a été observé dans la racine d'*aconitum lycoctonum*, de bryone, de rhubarbe, dans le suc de l'opium, les graines de moutarde noire, le bois de Campêche, l'écorce de bouleau, de saule, et en grande abondance (70 sur 400) dans l'écorce du *quercus falcata*, si, comme le soupçonne M. Robi-

quet la quercie de Scattergood n'est autre que du sulfate de chaux (1) ; on le trouve aussi dans le *fucus vesiculosus*, etc.

Les phosphates ou sous-phosphates de chaux font partie des feuilles d'aconit napel, des racines de pivoine, de nymphæa blanc, de *polygala senega*, de réglisse, du suc de la chélidoine, des graines de moutarde noire et d'arachis, de bois de Campêche, de la bulbe de l'ail, etc. M. Raspail (2) dit que les corps qui se trouvent dans les cellules du pandanus, du typha, des orchis, etc., qui ont 1/10 de millim. de longueur et 1/400 de diamètre, sont des cristaux de phosphate de chaux.

Le nitrate de chaux a été observé dans la bourrache, l'ortie, l'hélianthe et la pariétaire (3).

L'hydrochlorate ou muriate de chaux se trouve dans la racine d'*aconitum lycoctonum*, le suc des feuilles de tabac, le rhizome du *curcuma longa*, les fleurs de *narcissus pseudo-narcissus*, etc.

2°. La magnésie (oxide de magnésium), qui est moins abondante que la chaux dans la nature, est aussi moins fréquente dans les végétaux. On dit qu'elle est à l'état de terre dans le liége, et à celui de sous-carbonate dans les pailles et les graines des graminées céréales. C'est probablement dans cet état que Vauquelin en a trouvé 17,929 sur 100 dans la soude produite par le *salsola soda* (4). On la trouve surtout en grande abondance à l'état de sulfate dans le *fucus vesiculosus*, et elle existe à l'état de phosphate ou sous-phosphate dans la racine de bryone, les feuilles de conium, la farine d'orge, etc., et à celui d'hydrochlorate ou muriate dans l'écorce de *canella alba*, la racine de *geum urbanum* et le *fucus vesiculosus*.

3°. La *silice* ou l'*acide salicique*, qui, malgré son insolubi-

---

(1) *Journal. philadelph.*, juillet 1829; Journ. pharm., 1829, p. 550.

(2) Bull. sc. nat., 13, p. 369; Journ. pharm., 1828, p. 590.

(3) M. Thénard, en citant ces faits, ne désigne pas les organes.

(4) Ann. de chim., 18, p. 78.

lité ordinaire, pénètre évidemment dans les végétaux, soit à l'état de suspension, soit dans des états de solution déterminés par des causes peu connues. Elle se trouve en quantité considérable dans les parties extérieures et les concrétions des monocotylédones, dans les feuilles, dans plusieurs grains, etc. Ainsi, d'après Vauquelin, elle forme 60/100 du grain d'avoine. Schrœder en a trouvé, mais en moindre proportion, dans les grains d'avoine, de froment, de seigle, d'orge, et dans la paille de seigle. Davy a reconnu qu'elle forme presque seule la partie extérieure des graminées; aussi il a trouvé sur 100 parties

d'épiderme de canne dite bonnet.....	90,0	de silice,
de bambou..............	71,4	
de roseau..............	48,1	
de tiges de blé..........	6,5	

Davy assure que l'épiderme du rotang en contient une telle quantité, qu'il fait feu au briquet, ou même lorsqu'on frotte deux morceaux l'un contre l'autre (1). MM. Macie (2) et Turner (3) ont reconnu que les concrétions qu'on trouve dans le bambou, et qu'on connaît sous le nom de *tabasheer*, sont de la silice presque pure, et Fourcroy et Vauquelin en ont trouvé 70 pour 100. M. de Saussure a eu 51 pour 100 de silice dans la cendre du froment avec ses grains, et 61,5 dans la cendre du même brûlé après avoir été dépouillé de ses grains; il en a trouvé 57 dans celle d'orge, 35,5 dans les grains d'orge séparés, 60 dans ceux d'avoine, 18 dans les tiges de maïs. M. Braconnot en a trouvé environ 4 pour 100 dans la tige de l'*equisetum fluviatile*.

---

(1) *Chim. agr. ed. Franc.*, 1, p. 55. Ce passage contient une légère erreur, lorsqu'il dit que la présence de la silice est commune à toutes les plantes à tige creuse. Cela est vrai dans quelques tiges creuses endogènes, mais n'est point lié avec cette circonstance, et n'a pas lieu dans les tiges creuses d'exogènes.

(2) Cité par Thompson. Syst. 4, p. 211.

(3) *Edinb. phil. Journ.*, avril 1828. *Ann. de phys.*, 37, p. 318.

M. Braconnot en a trouvé environ 4 pour 100 dans la tige de l'*equisetum fluviatile*.

Quant aux dicotylédones, la silice y est, en général, rare, si ce n'est dans les feuilles. M. de Saussure en a trouvé, sur 100 parties de leurs cendres :

Feuilles de chêne en automne.......		14,5 de silice.
—	Peuplier noir, *id*........	11,5
—	Noisetier...............	11,3
—	Verge-d'or.............	3,5

La plupart en ont moins, et quelques-unes point du tout, comme, par exemple, celles du marronier d'Inde. Les écorces en ont souvent une quantité notable; telle est celle du mûrier, qui en a offert 15,25 au même chimiste. La silice se retrouve dans la racine de *colombo*, de *polygala senega*, le suc de la chélidoine, la graine de lin, l'écorce de simarouba, les pétales du *rosa gallica*, l'herbe d'absinthe, l'écorce de bouleau, etc.

4°. L'alumine est la terre qui se rencontre en moins grande quantité dans les végétaux. Schrœder l'a trouvée à l'état de terre pure, mais en faible proportion, dans les grains d'orge et d'avoine et dans la paille de seigle, et en quantité minime dans le grain de seigle, et surtout de froment. Cette terre se trouve dans les cendres d'un grand nombre de végétaux; mais elle en forme à peine un centième d'après M. Th. de Saussure. On l'a retrouvée dans l'opium, le suc de la chélidoine, la racine de guimauve, l'indigo du commerce, l'assa-fœtida, la fleur de carthame, l'absinthe, les feuilles d'olivier, la bulbe de l'ail, la poussière de lycopode, le rhizome de fougère mâle, etc.

5°. La baryte est citée par Bergman parmi les substances trouvées dans l'indigo du commerce, et même à la quantité de 10,2 sur 100; mais M. Chevreul ne l'y a pas retrouvée.

B. *Alcalis fixes et sels alcalins.*

Les alcalis fixes sont, comme on le sait, de nature analogue aux terres, et comme elles sont fréquens dans un grand nombre de végétaux. Je les signale ici séparément, parce que leurs sels,

étant, en général, beaucoup plus facilement solubles dans l'eau, se présentent d'une manière assez différente dans leur histoire physiologique.

1° La potasse est fort abondante dans les terreaux, et se retrouve aussi très-habituellement dans presque tous les végétaux. On la mentionne à l'état de potasse hydratée ou de sous-carbonate de potasse dans les feuilles d'olivier, dans la racine de *polygala senega*, et, d'après M. Thénard, dans les plantes marines et maritimes. M. Th. de Saussure en a trouvé, sur 100 parties des cendres :

22,45 dans les graines mûres de la fève;
57,25 dans l'herbe de la fève en fleur;
51,0 dans le fruit mûr du marronier d'Inde;
12,5 dans la paille de froment;
15,0 dans son grain;
14,0 dans le son;
59,0 dans la tige de maïs;
14,0 dans ses grains;
16,0 dans la paille d'orge;
18,0 dans ses graines.

L'hydrochlorate ou muriate de potasse, ou chlorure de potassium, est assez commun dans les végétaux; il est en particulier indiqué dans l'écorce de Winter, le suc de la chélidoine, la graine du lin, l'écorce de cannelle blanche, le céleri, l'absinthe, la fleur du carthame, la tige de *gentiana chirayita*, la racine de *polygala senega*, le bois de campêche, les feuilles de tabac, l'herbe de la fève mûre mais dépouillée de ses graines, la paille du froment, la tige de maïs, sa graine, les agarics poivré et fausse-orange, etc. Il fait environ le quart de la soude de varec du commerce.

Le sulfate de potasse a été observé dans la racine de pivoine et de *polygala senega*, l'écorce de Winter, la myrrhe, l'opium, l'herbe de la fève mûre, la paille du froment, la bulbe de l'ail, les plantes maritimes. La soude de varec du commerce en contient jusqu'à 19 pour 100.

Le phosphate ou sous-phosphate de potasse s'est présenté dans le fruit du marronier d'Inde, la graine de lin et de la fève (43,93 sur 100 parties de ses cendres), la myrrhe du commerce, le tubercule de la pomme de terre, le rhizome de l'acorus aromatique, la tige du froment, de l'orge et du maïs, et surtout les graines de ces plantes; il fait :

32 pour 100 des cendres du grain de froment;
30 du son;
47 des grains du maïs;
32 des grains d'orge.

On le retrouve, parmi les cellulaires, dans l'agaric poivré.

Le nitrate de potasse est indiqué dans les racines de *cissampelos pareira*, de *geum urbanum*, dans le suc de chélidoine, en grande quantité dans le céleri, et quelquefois dans la racine de betterave avancée en âge. Il existe dans les fleurs de verbascum, le rhizome du gingembre, le fruit de l'aréca-betel, le tubercule de *cyperus esculentus*, les agarics poivré et des couches.

Enfin la potasse, combinée avec l'iode à l'état d'iodure ou d'hydriodate, se trouve dans le *fucus vesiculosus* et la soude qu'on en extrait.

2°. La soude (oxide de sodium) ne se trouve guère dans la nature que dans les eaux salées, et par conséquent ce n'est que dans les plantes marines, maritimes, ou des salines, qu'on en trouve une quantité notable. M. Chevreul croit qu'à l'état de vie elle y est sous forme d'oxalate de soude, mais que par la combustion elle se change en carbonate. On obtient par ce procédé une masse pierreuse qui forme la soude naturelle du commerce, et dans laquelle on trouve :

3 à 8 pour 100 de carbonate de soude dans la soude dite d'Aigues-Mortes, qui est composée de presque toutes les plantes maritimes et charnues de la côte du Languedoc;

14 à 15 dans celle dite de Narbonne, qui est formée de *salsola soda* et de *salicornia*;

25 à 30 dans celle dite d'Alicante, qui s'extrait du *salsola sativa*, du *chenopodium setigerum*, et de quelques au-

tres espèces décrites par M. Lagasca dans son Mémoire sur les plantes *barilleras* d'Espagne;

55 selon M. Fée, dans la soude dite de Sicile, fournie par le *salsola sativa*.

On en obtient aussi une quantité indéterminée de la soude de Ténériffe (produite par le *mesembryanthemum glaciale*) et de la soude de varec. Ce dernier fournit du sulfate et de l'hydrochlorate de chaux.

C. *Métaux proprement dits.*

Les métaux ne se rencontrent dans les végétaux qu'à l'état d'oxides ou de sels, et il y a tout lieu de croire que ceux qu'on dit y avoir été trouvés à l'état métallique, y avaient été introduits avec les matières dont on s'était servi pour l'analyse. C'est ce qui paraît expliquer la très-petite quantité d'or que Kunkel et Sage ont cru extraire de certaines cendres. Quand on pense que la plupart des combinaisons métalliques sont vénéneuses pour les végétaux, on conçoit qu'on ne doit pas en rencontrer souvent dans leur tissu. Aussi, sur les trente métaux connus, il n'en est que trois qui se trouvent réellement dans les végétaux, savoir :

1° Le *fer* se trouve presque dans tous les végétaux, mais en très-petite quantité, à l'état d'oxide, par exemple, dans l'indigo du commerce (où il est en assez grande quantité), les pétales du *rosa gallica*, la racine de bryone, l'assa-fœtida, l'herbe d'absinthe, les feuilles d'olivier, la tige de *gentiana chirayita*, la bulbe de l'ail, la racine d'asperge, le fruit de l'areca-betel, le tubercule du *cyperus esculentus*, le rhizome de fougère mâle, les grains et la paille des graminées, etc. Il se retrouve peut-être à l'état de phosphate de fer dans la gratiole, où il est indiqué avec doute par Vauquelin.

2°. Le *manganèse* a été primitivement reconnu dans les plantes par Scheele. Proust l'a trouvé depuis dans les cendres du pin, du calendula, de la vigne, du chêne vert, du figuier, etc. M. Schrœder l'indique à l'état d'oxide dans les graines et la paille des

graminées céréales. On l'indique aussi dans le *lycopodium complanatum*, le *fucus vesiculosus*, etc. Il est toujours en très-faible quantité.

3°. Le *cuivre* existe, selon M. Bischoff dans les rhizomorpha (1), dans le *lycopodium complanatum* (2), soit à l'état métallique, soit combiné avec l'acide sulfurique et des acides végétaux. Il a été dès-lors trouvé par le docteur Meissner (3) dans les cendres d'un grand nombre de végétaux tant indigènes qu'exotiques, mais en très-petite quantité. M. Sarzeau (4) en a retiré du quinquina et de la garance, où il forme 1/5,000,000 du poids de l'écorce; du café, où il entre pour 8/1,000,000 (5); dans le grain du froment, où il entre pour 4,566/1,000.000 (6), et en général dans toutes les plantes observées. Il accompagne toujours les phosphates et est peut-être à l'état de phosphate.

D. *Corps non métalliques.*

Les corps minéraux qui ne rentrent dans aucune des divisions précédentes, et qui ont été trouvés dans les végétaux, sont les suivans :

1°. Le *chlore* que nous avons déjà indiqué en parlant tout à l'heure des hydrochlorates de chaux, de magnésie et de potasse.

2°. L'*iode* que nous avons aussi indiqué en mentionnant l'iodure et l'hydriodate de potasse. L'iode se tire des eaux-mères,

---

(1) Bull. sc. nat., 7, p. 84.

(2) *Kryptog. gewachse.*

(3) Ann. de chim. et de phys., 11, p. 106.

(4) Journ. de pharm., 1830, p. 505.

(5) Il entre en Europe 70 millions de kilogrammes de café par an; il y arrive donc chaque année 560 kilogrammes de cuivre d'après M. Sarzeau.

(6) Le poids du cuivre qui se mange dans le pain, en France, est de 3650 kilogrammes par an. M. Sarzeau estime que le froment cultivé en France tire du sol 34061 kilogrammes et 800 grammes de cuivre.

de la soude de varec, et paraît exister en très-faible quantité dans l'eau de la mer.

3°. Le *soufre* est indiqué à l'état pur dans les crucifères, et notamment dans les graines de moutarde, soit libre, soit à l'état d'acide (1), dans les fleurs d'oranger, les graines d'arachis, le céleri, la racine de patience, la matière sécrétée entre les follicules du houblon, les rhizomes de l'*alpinia galanga*, et de l'*amomum zingiber*, la farine de riz, le suc de l'*assa-fœtida* et de quelques autres ombellifères. On les retrouve sous forme de sulfate dans les combinaisons déjà mentionnées en parlant de la chaux, de la potasse et de la soude.

4°. Enfin, le *phosphore* se trouve, dit-on, dans quelques végétaux à l'état d'acide phosphorique, par exemple, dans le suc de l'ognon, l'ergot des céréales, la racine de pivoine, et mêlé avec l'acide malique dans le fruit du marronier d'Inde ou les fleurs de verbascum. M. Vauquelin le soupçonne à l'état de phosphate de fer dans la gratiole, et nous l'avons mentionné plus haut sous les formes de phosphate de chaux et de potasse, sous lesquelles il est assez commun dans le règne végétal.

§. 2. De l'histoire physiologique des matières minérales ci-dessus désignées.

Toutes les matières dont nous venons de donner l'énumération paraissent en général tirées du sol avec l'eau de végétation, et sans avoir subi d'altération. MM. Schrœder et Braconnot ayant élevé des végétaux, à ce qu'ils croyaient, à l'abri des corps extérieurs, et y ayant trouvé quelques

(1) Les chimistes ne sont pas d'accord sur la nature de cet acide; MM. Henry et Garot le considèrent comme un acide propre, qu'ils nomment sulfo-sinapique, et qui serait composé de 5 élémens. M. Pelouze le considère comme de l'acide hydro-sulfo-cyanique. Voyez Journ. de chim. médic., 1, p. 439, et Ann. de phys. et chim., 44, p. 217.

matières terreuses, avaient cru que le végétal avait la faculté de les former; mais ils avaient agi avec de l'eau distillée, que la pile voltaïque a prouvé n'être pas pure, et d'autres expériences ont donné d'autres résultats. L'opinion contraire à celle de ces savans, savoir, que les végétaux reçoivent du dehors et ne forment pas les matières minérales qu'ils renferment, se fonde,

1°. Sur ce que toutes les matières minérales qu'on rencontre dans les végétaux se trouvent aussi dans les terrains où elles croissent;

2°. Sur ce que leur quantité proportionnelle dans les végétaux est sensiblement en rapport avec leur abondance dans le sol ou avec leur degré de solubilité;

3°. Sur ce que les faibles actions chimiques dont les végétaux paraissent doués, ne pourraient nullement expliquer la formation de la plupart de ces matières;

4°. Sur ce que les mêmes espèces de végétaux présentent des produits différens lorsqu'elles croissent dans des terres très-diverses : ainsi on sait, par une longue pratique et par des analyses exactes, que les mêmes espèces qui, lorsqu'elles croissent sur les bords de la mer, contiennent des sels de soude, donnent des sels de potasse lorsqu'elles croissent loin de la mer. M. Théodore de Saussure a de même observé une grande différence dans la nature des cendres des mêmes végétaux crûs dans des terrains calcaires ou siliceux.

Feuilles de rhododendron.

	Carbonate terreux.	Silice.
Crû dans le calcaire	43,25	0,75
Crû dans le terrain siliceux....	16,75	2, 0

	Carbonate terreux.	Silice.
Tiges de rhododendron.		
Crû dans le calcaire..........	39, 0	0, 5
Crû dans le terrain siliceux....	29,0	19, 0
Myrtile.		
Crû dans le calcaire..........	42, 0	0, 5
Crû dans le terrain siliceux....	29, 0	1, 0
Feuilles de sapin.		
Crû dans le calcaire..........	43, 5	2, 5
Crû dans le terrain siliceux....	22, 0	5, 0
Extrait des terreaux.		
Calcaire..................	21, 0	3, 0
Siliceux..................	17, 0	14,

Enfin, Davy (1) ayant semé de l'avoine dans un sol composé de carbonate de chaux, elle y vécut mal, et ne présenta à l'analyse qu'une quantité de silice fort inférieure à la quantité ordinaire. L'hélianthus, cultivé dans un terrain qui n'a point de nitre, n'en contient point; et arrosé avec une dissolution de nitre, il en contient beaucoup, selon Davy.

Ainsi la nature des matières minérales qu'on trouve dans les végétaux est variable selon la nature des terrains où les plantes ont crû : ce qui tend à prouver que ces matières proviennent du sol, qu'elles peuvent être considérées comme à peu près étrangères à la nature des plantes, et qu'il ne faut pas donner une trop grande importance aux nombres qui les représentent, dans les analyses des produits végétaux (2).

(1) Chim. agr., 2, p. 52.

(2) Je sais que ces faits et ces opinions sont en opposition

Examinons de plus près les autres variations qu'on observe dans la distribution et la proportion de ces matières terreuses.

La sève ascendante subit, comme je l'ai dit plus haut, peu de modifications dans sa route jusqu'à ce qu'elle approche des organes supérieurs et extérieurs. Nous avons déjà vu qu'elle subit dans les organes foliacés deux grandes modifications, savoir, la décomposition de l'acide carbonique, et la déperdition d'une grande quantité d'eau. Cette eau, en s'évaporant, laisse dans le point où l'évaporation s'est opérée les matières solides qu'elle contenait; celles de ces matières qui sont faciles à dissoudre sont entraînées comme parties des sucs descendans; celles qui le sont moins restent dans la place où elles ont été déposées : telles sont les diverses matières terreuses, alcalines et métalliques, qu'on trouve dans les végétaux, et qui, lors de leur combustion, se présentent, à raison de leur incombustibilité, sous la forme de cendres. M. Théod. de Saussure a étudié l'histoire de ces dépôts terreux avec l'exactitude et la sagacité qui le caractérisent, et a déduit de ses expériences un petit nombre de lois faciles à comprendre, d'après les données précédentes.

---

directe avec les assertions de quelques chimistes, notamment avec celles de Lampadius (Journ. des mines, n° 55, p. 525), qui assure qu'ayant semé du seigle dans de la silice, de l'alumine, de la chaux, de la magnésie et du terreau, il a eu partout les mêmes résultats, savoir : silice, 700 ; carbonate de potasse, 160 ; alumine, 20 ; magnésie, 70 ; oxide de fer, 42 ; mais ce fait serait si contradictoire avec tous les autres, qu'on peut croire qu'il y eu erreur dans l'expérience.

La quantité des sels terreux ou alcalins qu'on trouve dans les végétaux divers ou dans les organes différens d'un même végétal, est sensiblement proportionnelle à la force de succion et à l'intensité de l'évaporation.

Ainsi, si l'on compare les végétaux entre eux, on trouve que les herbes donnent, à proportion, plus de matières salines que les arbres; et, parmi ceux-ci, que les arbres à végétation rapide, qui aspirent et évaporent beaucoup, en donnent plus que ceux à végétation lente. Outre que ces faits sont prouvés par des analyses exactes, ils l'étaient par des faits pratiques et populaires : ainsi, lorsqu'on veut obtenir des sels alcalins, tels que la potasse ou la soude, ce sont des herbes à végétation rapide qu'on soumet à la combustion : le tabac pour la potasse, la glaciale ou les salsola pour la soude, sont de ce nombre, c'est-à-dire, qu'elles ont une grande force de succion et d'évaporation, comparées à celles qui croissent dans les mêmes lieux. Au contraire, la combustion des arbres donne à proportion très-peu de cendres. C'est ce qui avait déjà été démontré en France par les inspecteurs des manufactures de salpêtre, et MM. Vauquelin et Perthuis (1); en Angleterre, par MM. Kirwan et Ruc-

(1) Voici, d'après M. Chaptal, le résultat moyen des expériences de Kirwan, Vauquelin et Perthuis. On obtient de la potasse sur 10,000 parties de la plante ;

Peuplier	7
Hêtre	12
Chêne	15
Orme	39
Vigne	55

kert (1). M. Théod. de Saussure a confirmé ces résultats par de nombreuses analyses dont on peut voir les détails dans les tableaux qui terminent son ouvrage. Voyez aussi le tableau des cendres obtenues de divers végétaux, et de la proportion de leurs parties solubles et insolubles, donné par M. Berthier, Ann. de chimie, vol. 32, p. 240.

Si l'on compare les parties mêmes du végétal, on trouve qu'il se dépose plus de matières terreuses ou alcalines dans les feuilles, qui sont l'organe essentiel de l'évaporation, que dans tout autre organe. Après les feuilles viennent les écorces; après l'écorce, l'aubier; après l'aubier, le bois.

Que si maintenant, toujours en suivant le même guide, nous comparons la nature des cendres de divers végétaux, nous trouvons des différences toutes susceptibles d'être réduites à des lois simples, déduites du degré de leur solubilité. Ainsi, les sels alcalins (de potasse et de

---

Chardon	53
Fougère	62
Chardon de vache *	196
Fèves	200
Vesce	275
Absinthe	730
Fumeterre	790

(1) Mém. sur les engrais, Soc. roy. d'Irlande, vol. 5, p. 129.

* J'ignore quelle est la plante désignée sous ce nom : il n'en existe aucune à laquelle on ait l'habitude de le donner, ni en français ni en anglais; mais je présume qu'il y a eu une petite erreur de traduction. Le chardon de vache se nommerait en anglais *cow-thistle*. Or, le *sonchus oleraceus* se nomme *sow-thistle*, et je présume que c'est lui qui est ici désigné.

soude) sont beaucoup plus abondans dans les cendres des plantes herbacées et dans les parties herbacées des plantes ligneuses qui sont en état d'accroissement, comme ils sont aussi les plus abondans dans l'eau que les végétaux absorbent, parce qu'ils sont les plus solubles. La proportion de ces sels n'augmente pas sensiblement avec l'âge, et diminue le plus souvent quand la plante vieillit sur le même sol. L'eau des pluies les entraîne en lavant la surface des plantes. Tous les cultivateurs de soude savent que la pluie, lorsqu'elle a lieu peu avant l'époque de la cueillette, diminue sensiblement la quantité des sels alcalins. Ces sels sont, eu égard à la quantité relative des cendres, moins abondans dans l'écorce que dans le bois et l'aubier, et on ne trouve pas de différence entre ces derniers organes. On retrouve une quantité notable de sels alcalins, et notamment de phosphate de potasse, dans les graines. Ces variétés paraissent tenir à ce que la pluie et l'eau qui lavent le végétal à l'extérieur, enlèvent proportionnellement plus de sels alcalins, parce qu'ils sont les plus solubles, et laissent par conséquent une plus grande proportion de sels insolubles ou peu solubles dans les parties extérieures : celles-ci reparaissent donc dans les cendres de ces organes en plus grande quantité.

Les phases que présente la quantité de la potasse dans les plantes herbacées, à diverses époques de leur végétation, sont assez bien représentées par l'expérience suivante :

La pomme de terre, patraque jaune (1), a donné, sur un hectare :

---

(1) Ann. de chim., 1825, v. 28, p. 165; Bull. sc. agr., 4, p. 225.

	Fanage vert.	Salin.	Sous-carbonate de potasse.	Tubercule.
		kilogrammes.		
1re coupe, immédiatement avant la fleur	33333	334	212	4,300
2e immédiatement après la fleur	33333	311	190	16,330
3e un mois plus tard	35700	230	72	30,700
4e un mois plus tard. . . .	22300	205	60	41,700

Le poids du fanage sec a été 0,125 du vert, à la première et seconde coupes, et a augmenté successivement aux troisième et quatrième. On peut conclure de ce tableau, 1° que l'époque de l'année où on trouve le plus de potasse (et il en est de même de la soude), est celle qui précède immédiatement la fleuraison; 2° que la quantité de chaux et de silice augmente au contraire avec l'âge, et est indiquée par l'accroissement du poids du fanage sec. C'est à cause de cet accroissement des matières terreuses peu solubles dans les herbes, qu'on doit couper à l'époque de la fleuraison celles qu'on destine à faire des chapeaux de paille, parce qu'étant alors moins terreuses elles sont plus flexibles (1).

Les phosphates de chaux et de magnésie sont, après les sels alcalins, les plus abondans dans les plantes qui sont en état d'accroissement, et leur proportion diminue de même, et par les mêmes causes, à mesure que la plante avance en âge; l'écorce en contient moins que le bois, et celui-ci moins que l'aubier. Le carbonate de chaux se trouve abondamment dans les cendres de l'écorce; il se retrouve aussi dans celles de l'aubier, et plus encore dans celles du bois.

---

(1) Sinclair, Bull. sc. agr., 11, p. 171.

La quantité proportionnelle de silice qui se trouve dans les cendres augmente graduellement à mesure que la plante avance en âge, à cause de la disparition des sels solubles. Les produits siliceux sont presque nuls dans le bois, plus fréquens dans l'écorce, et quatre ou cinq fois plus abondans dans les feuilles; leur extrême insolubilité fait que ce sont les premiers qui se déposent à l'époque de l'exhalaison de l'eau; et une fois déposés, ils restent fixés à leur place, parce que rien ne les enlève; tandis que les sels solubles déposés avec eux sont lavés par l'eau des pluies ou entraînés par le suc descendant. Cette silice, qui s'accumule ainsi dans les feuilles, est probablement une des causes qui endurcit leur tissu, obstrue leurs pores et détermine leur mort. La chute des feuilles caduques à l'automne tend chaque année à débarrasser les végétaux où ce phénomène a lieu de cette masse de silice qui s'y était accumulée : c'est cette quantité de silice qui donne au terreau de feuilles une certaine ressemblance avec la terre de bruyère, et le fait apprécier dans les jardins, parce qu'il tend moins à former croûte à la surface que ne le font les terreaux où il entre davantage de sels calcaires : ceux-ci, en effet, sont facilement dissous par les pluies ou les arrosemens.

Quant aux végétaux dont les feuilles ne tombent pas d'elles-mêmes, la quantité de silice y va toujours en croissant, et finit par donner à leur épiderme une consistance solide, et surtout une insolubilité à l'eau qui les rend propres à divers usages.

Presque toutes les feuilles des monocotylédones qui aspirent et évaporent beaucoup sans être caduques, sont remarquables par la quantité de silice de leur épiderme.

Les tiges des prêles doivent à cette silice accumulée à leur surface leur incorruptibilité et leur dureté : les feuilles des palmiers et des graminées sont, par ce motif, recherchées dans divers pays pour couvrir les toits ou autres usages analogues. Les analyses des cendres, faites par les chimistes, démontrent la disposition des monocotylédones à avoir plus de silice. Outre les analyses de Davy et de M, Théod. de Saussure, citées plus haut, pag. 384 et 385, je citerai pour exemples les résultats suivans des analyses de Bergman et Ruckert, d'après Sinclair (1).

Sur 100 livres de cendres,	Silice.	Chaux.	Alumine.
I. *Monocotylédones.*			
Froment...............	48	37	15
Seigle................	63	21	16
Orge..................	69	16	15
Avoine................	68	26	6
II. *Dicotylédones.*			
Pommes de terre.......	4	66	30
Trèfle rouge..........	37	33	30

Ce que nous venons de dire des feuilles est, à un moindre degré, applicable aux écorces herbacées, et surtout à celles qui sont abondamment munies de stomates. Les sels insolubles se déposent aussi en plus grande proportion dans les nœuds, où les sucs éprouvent une sorte de stagnation qui favorise leur dépôt : c'est ce qui est surtout visible dans les nœuds des graminées, souvent changés en concrétions siliceuses.

---

(1) Bull. sc. agr., 3. p. 325.

Enfin, les oxides de fer et de manganèse qui ont pu se trouver dans le terreau, se déposent de même aux places où se fait l'évaporation; et leur quantité proportionnelle, qui est toujours faible et inférieure à celle du terreau, va en augmentant, comme celle des matières peu solubles, à mesure que la végétation avance.

Tous les faits dont je viens de rendre un compte sommaire, principalement d'après M. de Saussure, ne doivent point être confondus avec de véritables sécrétions : ce sont de simples dépôts de la sève ascendante dans diverses parties de sa route. Les sécrétions, au contraire, sont, comme nous l'avons vu, d'un ordre plus élevé d'élaboration; et nous retrouverons quelque chose d'analogue dans l'article suivant, consacré aux matières végéto-minérales.

ARTICLE III.

Des Matières végéto-minérales qu'on trouve dans les plantes.

Je désigne sous le nom de matières *végéto-minérales* celles qui doivent leur origine à l'union d'un produit de l'action de la vie végétale avec une substance minérale : tels sont les sels formés par un acide végétal ou une base minérale, ou ceux qui pourraient se former par un acide minéral combiné avec un alcali d'origine végétale. Comme ces derniers ne sont encore que des produits de l'art, par exemple, le sulfate de quinine, nous nous bornerons à citer ce qui est relatif aux premiers. En suivant la marche tracée à l'article précédent, j'en indiquerai succinctement l'énumération et l'histoire.

§. 1. Enumération.

La chaux se trouve souvent dans les végétaux combinés avec des acides d'origine végétale, ce qui donne naissance aux sels suivans :

L'*oxalate* de chaux a été rencontré dans la sève du rosier, l'écorce de Winter, de cannelle blanche, de simarouba, dans la gratiole, la racine de rhubarbe, de chiendent. Ce sel forme la sixième partie, selon M. Henry, des rhizomes de l'*alpinia galanga*, etc. M. Raspail (1) dit que les corps alongés en aiguille qu'on trouve dans l'iris, dans le *theligonum cynocrambe* et dans une foule d'autres plantes, sont des cristaux d'oxalate de chaux. Ils n'ont, selon lui, qu'un 1/3 de millimètre en longueur, et 1/50e en largeur. M. Saigey (2), au contraire, semble les assimiler à la silice. Ce sont les corps que j'ai nommés raphides, soit pour éviter d'affirmer une chose encore douteuse dans sa généralité, soit pour éviter de longues circonlocutions. Voyez Organographie, 1, p. 126. L'oxalate de chaux se trouve abondamment dans les lichens, et, selon M. Braconnot, il va quelquefois jusqu'à former la moitié de leur poids; il semble ainsi y jouer le rôle du carbonate de chaux dans les madrépores et du phosphate dans les os.

Le *malate* de chaux fait partie de la racine de l'*aconitum lycoctonum*, de la pivoine, du *cissampelos pareira*, du *nymphœa*, du *polygala senega*, du *spigelia*, de l'*asclepias*, de la réglisse, de la bryone; on le retrouve dans l'écorce du simarouba, les feuilles du *conium maculatum*, dans les fleurs du verbascum, dans la résine caragne, le *sagapenum*, le *labdanum*, la gomme-résine d'euphorbe, dans les graines d'arachis et de coumarouma, etc.

Le *citrate* de chaux existe dans le suc de la chélidoine, la

(1) Bull. sc. nat., 11, p. 377; 15, p. 369; Journ. pharm., 1828, p. 590.

(2) Journ. sc. d'obs., 2, p. 215.

pulpe de l'orange, l'écorce d'exostemma, le tubercule de la pomme de terre, la racine d'*asarum*, la bulbe d'oignon, etc.

Le *tartrate* de chaux est indiqué par Lassaigne et Feneulle dans les feuilles du séné, et par Berzélius dans le lichen d'Islande.

Le *kinate* de chaux existe dans l'écorce des quinquinas.

Le *gallate* de chaux dans la racine de l'ellébore noir.

L'*équisétate* de chaux dans les *equisetum*.

La magnésie ne doit figurer dans cette liste qu'à raison des malates ou surmalates de magnésie trouvés dans les racines de réglisse et de bryone, et l'écorce de *daphne mezereum*, et surtout à raison de l'équisétate de magnésie qui forme, selon M. Braconnot, un peu plus de 1 pour 100 de l'*equisetum fluviatile*. M. Plisson a aussi trouvé la magnésie dans la racine de réglisse unie à un acide encore indéterminé.

La potasse est, avec la chaux la matière minérale qui est le plus souvent unie aux acides végétaux, ce qui se voit dans les sels suivans.

L'*acétate* de potasse est indiqué dans l'écorce de Winter, la graine de lin, les feuilles de séné, les fleurs de verbascum, le rhizome du gingembre, le fruit de l'aréca-betel, le tubercule du *cyperus esculentus*, l'agaric poivré, l'agaric des couches, etc.

Le *gallate* de potasse dans la racine de l'ellébore noir.

Le *malate* de potasse dans les racines de pivoine, de *polygala senega*, les feuilles de séné, l'écorce de *daphne mezereum*, les résines caragne et d'euphorbe, le *fucus vesiculosus*, etc.

Le *citrate* de potasse dans le tubercule de la pomme de terre.

Les *oxalates ou suroxalates* de potasse dans les oxalis et les oseilles, d'où on les extrait pour obtenir le sel d'oseille. On en retrouve aussi dans le *fucus vesiculosus*, etc.

Enfin, le *tartrate de potasse* se trouve dans le vin, dans la pulpe du tamarin et dans le lichen d'Islande.

La soude ne se trouve combinée avec un acide végétal qu'à l'état de malate de soude dans la gratiole et dans toutes les plantes maritimes où elle existe, selon M. Chevreul, à l'état d'oxalate qui, comme je l'ai dit dans l'article 1er, se change en carbonate par la combustion.

Le fer est indiqué à l'état de gallate de fer dans le liége par M. Chevreul.

§. 2. De l'origine ou de la formation des matières végéto-minérales susmentionnées.

Nous avons vu dans l'article précédent que les sels purement minéraux paraissent absorbés avec l'eau par les racines, et se déposent dans le végétal, surtout aux places où se fait l'évaporation; mais M. Chaptal (1) fait remarquer qu'on ne peut pas dire, à raison de ce dépôt, que tous les sels qu'on trouve dans la plante existent préalablement dans le sol. Il paraît évident que les acétates, les malates, les citrates, et en général tous ceux formés par les acides développés dans le végétal même, ne sont pas absorbés en nature. Leurs bases seules existent dans le terrain, et peuvent seules avoir été absorbées. Il est probable que les sels qui les contenaient ont été décomposés par l'action de la végétation ou par le contact avec les acides végétaux, et que leurs bases sont ainsi passées dans des composés nouveaux. Ce fait est rare, si on le compare au dépôt des matières purement minérales; mais il fournit la preuve de la possibilité que divers sels soient ainsi composés et décomposés dans le tissu.

Il est probable que dans quelques cas très-rares il y a des sels purement minéraux formés dans les plantes. M. Chaptal cite comme exemple de ce fait la racine de betterave, qui au lieu de sucre forme du salpêtre, soit nitrate de potasse, lorsque sa végétation passe un certain

---

(1) Chim. agric., 1, p. 218.

terme : c'est ainsi qu'en automne, dans les provinces méridionales de la France, et souvent en hiver, dans les provinces septentrionales, on y trouve du salpêtre au lieu de sucre. Il est presque certain que, dans ces cas, l'acide nitrique se forme par l'union de l'oxigène avec l'azote contenus l'un et l'autre dans le tissu, ou en partie fournis par l'air, et que cet acide s'unit immédiatement avec la potasse contenue dans le végétal, dans la proportion de 1/100e de son poids.

CHAPITRE XIII.

Du rôle général que les diverses matières absorbées par les végétaux jouent dans leur nutrition.

---

§. 1. Des Matières solides.

Nous avons déjà graduellement exposé le sort des différentes matières introduites par la sève dans le végétal; ainsi nous avons vu,

1°. Que toutes les matières salines d'origine purement minérale, soit terreuses, soit alcalines, et les oxides métalliques, sont déposés par la sève dans les organes où se fait l'exhalaison de l'eau.

2°. Que les matières salines végéto-minérales paraissent formées par suite de décompositions et de recompositions exécutées dans quelques points du végétal, entre les matières minérales absorbées et les acides végétaux.

3°. Que le carbone provenant toujours immédiatement de la décomposition du gaz acide carbonique, se dépose d'abord dans les parties vertes du végétal; il passe dans le suc nourricier, et il entre comme partie plus ou moins considérable dans toutes les matières sécrétées ou déposées dans les cellules.

On peut juger de la quantité de carbone d'un organe

par celle qui reste lorsqu'on le fait brûler en vase clos. En suivant ce genre de combustion, M. Théod. de Saussure a prouvé que dans le tronc des dicotylédones, l'écorce est l'organe qui contient ordinairement le plus de ce charbon; après l'écorce vient le bois, qui en a acquis toute la quantité qu'il doit recevoir; et enfin l'aubier, qui, à titre de bois imparfait, n'a pas encore reçu toutes les parties charbonneuses qu'il doit avoir un jour. L'écorce, en vieillissant, perd un peu du carbone qu'elle contenait quand elle était jeune, parce qu'étant sans cesse exposée à l'atmosphère, l'oxigène s'empare d'une portion de carbone, et forme avec lui de l'acide carbonique. Les corps ligneux de diverses espèces, comparés entre eux, contiennent en général, sous un volume donné, d'autant plus de carbone que leur végétation a été plus lente. *(Voy.* liv. IV, chap. X.)

4°. Les matières solubles d'origine végétale ou animale, introduites par la sève, peuvent fournir à la plante des matériaux très-divers d'élaboration, et en particulier l'azote, qu'on trouve dans plusieurs de leurs produits. Cet azote, il est vrai, peut aussi provenir de l'air atmosphérique dont nous parlerons plus tard. Quoi qu'il en soit, sa présence à l'état de combinaison intime dans plusieurs des matériaux des végétaux, prouve évidemment que s'il est vrai de dire que l'azote est plus constant et plus abondant dans les matières animales, on ne peut pas sur ce caractère seul distinguer à quel règne appartiennent les êtres dont la nature paraît douteuse. Les matières d'origine organique qu'on trouve dans la sève y varient beaucoup en quantité, selon la nature du sol, et cette quantité diverse paraît la cause principale de la

fertilité diverse des terrains. Les engrais proprement dits (à l'exclusion des simples amendemens) sont les matières qui enrichissent le terrain de la plus grande quantité possible de ces matières solubles. Outre l'azote qu'elles fournissent, elles peuvent encore introduire dans le végétal une quantité notable de matières carbonées, d'ulmine ou d'acide carbonique qui, concurremment avec celui de l'air, y déposent du carbone. Le rôle des matières hydrogénées et oxigénées qu'elles contiennent est difficile à démêler exactement, mais doit évidemment concourir à la formation des matériaux nutritifs.

Au reste, la quantité de matières solides qui se trouvent dans la sève absorbée est bien faible, si l'on peut en juger par le poids de ce liquide. Ainsi Vauquelin trouve que la sève d'orme (1), au printemps, ne pèse que 1003 à 1006, l'eau étant 1000. Il a vu de même que l'extrait fourni par la sève du hêtre ne forme que les 0,0229 du liquide, celui de la sève du charme 0,0022, et celui de la sève de bouleau 0,0097. Il conclut de ces faits que si cette matière était la seule qui contribuât à l'accroissement des arbres, il faudrait supposer que leur tissu est traversé par une quantité d'eau fort supérieure à ce qu'on peut imaginer; qu'ainsi, il faudrait qu'il passât 1626 myriagrammes d'eau dans un ormeau, pour qu'il augmentât de 4 8/10 myriagrammes; que, quant au hêtre, il faudrait qu'il passât 487,8 d'eau pour l'accroître de 11,17, etc. De ces faits, quoique assez vagues, on peut déjà entrevoir le rôle de l'eau elle-même dans la nutrition.

(1) Exp. sur les sèves des végétaux. Paris, 1799.

§. 2. De l'Eau.

Outre les matières terreuses et carbonées que les végétaux s'assimilent pendant leur nutrition, il se fixe aussi dans leur tissu une quantité notable d'eau ou des élémens de l'eau. Cette fixation de l'eau dans le végétal devient déjà probable quand on pense, 1° qu'un tiers environ de l'eau absorbée n'est pas exhalée, et doit rester par conséquent dans la plante; 2° que tous les principaux matériaux dont les végétaux sont formés, savoir, la gomme, la fécule, le sucre et la lignine, peuvent être considérés comme composés d'eau et de carbone. M. Théodore de Saussure a établi cette conclusion par des expériences directes; il a vu d'abord que, des plantes aquatiques, élevées en vase clos, dans de l'eau pure, et dans un air qui ne contenait point d'acide carbonique, avaient, au bout de quelques jours, accru leur poids solide (c'est-à-dire estimé après avoir chassé par le desséchement toute l'eau de végétation), avaient, dis-je, accru leur poids solide d'une quantité faible à la vérité, mais sensible; cette quantité n'était pas due à la fixation de l'un des élémens de l'eau, car l'autre se serait retrouvé à l'état de gaz dans l'air du bocal, ce qui n'a point eu lieu (1). Il a vu de plus que lorsqu'on élève les plantes en vase clos dans une atmosphère artificielle qui contient un peu d'acide carbonique, le poids solide que le végétal acquiert dans un temps donné est augmenté, non-seulement de la quantité de carbone due à la décomposition

(1) Rech., chap. VII, §. 1.

du gaz acide carbonique, mais d'une quantité bien plus grande, et qui ne peut être attribuée qu'à une fixation d'eau plus considérable que dans le cas précédent : ainsi, des pervenches, qui dans le vase sans acide carbonique avaient fixé 1 3/4 grain dû à l'eau, en avaient acquis 5 8/10 dans le bocal où elles pouvaient en même temps fixer du carbone. La menthe aquatique, qui sans acide carbonique avait fixé 1 grain d'eau, en a fixé 3 dans le bocal avec acide carbonique.

Il est si vrai que le poids acquis dans ces expériences est dû à l'eau, et qu'en général ce liquide entre pour une partie notable dans le poids dont les végétaux s'accroissent en un temps donné, que si l'on suppute avec soin tout le poids qu'ils peuvent recevoir, 1° par la fixation du carbone, 2° par celle des matières terreuses, salines, alcalines ou métalliques ; 3° par l'inspiration du gaz oxigène ; 4° par la matière soluble contenue dans le terreau, on ne peut se rendre raison que de la vingtième partie environ du poids réel obtenu par le végétal. Les dix-neuf autres vingtièmes seraient donc dus à l'eau. Supposons, ce qui est possible dans un sujet si délicat, que nos erreurs vont au quart ou à la moitié des nombres, encore resterait-il surabondamment prouvé que l'eau entre pour une partie considérable dans le tissu solide du végétal. Ainsi, de même que ce liquide fait partie des minéraux sous forme d'eau de cristallisation, il paraît aussi certain qu'il fait partie de la masse solide des végétaux, indépendamment de l'eau qui s'y trouve comme eau de végétation, et que le desséchement peut expulser. La végétation, tant qu'elle est croissante, tend à diminuer la quantité d'eau liquide du globe ou celle d'un lieu donné ;

mais on sait, au contraire, et ceci en donne l'explication, que les végétaux, en se décomposant, dégagent une quantité d'eau notable. Tous ces résultats remarquables sont dus aux recherches de M. Théod. de Saussure.

Une autre question se présente encore à l'examen des physiologistes : c'est de savoir si cette eau est décomposée ou se fixe à l'état d'eau.

Dès l'époque où l'on a connu la nature de l'eau et le dégagement du gaz oxigène par les plantes vertes, on a cru que ces plantes décomposaient l'eau, retenaient l'hydrogène et exhalaient l'oxigène. Il a été démontré que cette exhalaison d'oxigène est due à toute autre cause, et l'on n'a jamais aperçu de plante saine dégager de gaz oxigène autrement que par la décomposition du gaz acide carbonique.

Y aurait-il des cas où la plante au contraire retiendrait l'oxigène et dégagerait l'hydrogène ? On ne peut citer ni en faveur de cette hypothèse, ni en faveur de la précédente, la petite quantité d'oxigène mêlée d'hydrogène, que Senebier a vu s'élever de pois qu'il avait voulu faire germer dans de l'eau distillée. Il a été en effet bien prouvé que dans cette expérience les pois fermentent plutôt qu'ils ne germent, et qu'on a ainsi le résultat, non d'une fonction vitale, mais d'une décomposition morbide. Le seul exemple connu de dégagement de gaz hydrogène est celui des champignons observés par M. de Humboldt (1) : il a vu que diverses espèces d'agarics mises sous l'eau, soit à l'ombre, soit au soleil, dégagent du gaz hydrogène. Nous examinerons les détails du phénomène en parlant

(1) *Fl. freyb. specim.*, §. 11.

de la nutrition des cryptogames. Il faut avouer que les champignons diffèrent tellement des autres végétaux, qu'il serait difficile de rien conclure de cette famille à l'ensemble du règne.

Si nous n'avons pas de preuves directes que les plantes vasculaires décomposent l'eau pour s'approprier immédiatement l'un des principes et rejeter l'autre, il est au moins très-vraisemblable que cette décomposition a lieu dans la série des opérations nutritives, et que les deux principes entrent chacun de leur côté dans la formation de certains matériaux. D'où, en effet, pourrait-on concevoir l'origine de l'hydrogène dans tous les produits plus hydrogénés que l'eau, tels que les huiles et les autres matières sur-hydrogénées? Ce résultat est confirmé par l'existence d'un certain nombre de matériaux plus oxigenés que l'eau, et qui probablement tirent en tout ou partie cet oxigène surabondant de l'eau qu'ils ont décomposée. Mais en même temps qu'il paraît nécessaire d'admettre qu'une partie de l'eau se décompose, on doit admettre aussi que la plus grande partie reste indécomposée et seulement fixée : c'est ce qui résulte de ce que les principes les plus généralement répandus dans le végétal, tels que la gomme, le sucre, la lignine, la fécule, contiennent des quantités proportionnelles d'oxigène et d'hydrogène exactement semblables aux proportions de ces deux élémens dans l'eau, comme cela résulte des belles recherches de MM. Thénard et Gay-Lussac.

§. 3. De l'Air introduit ou contenu dans les végétaux.

Nous avons déjà dit qu'il entre dans le végétal, avec la sève, une certaine quantité d'air dissous dans l'eau ou mélangé avec elle. Cet air est, soit de l'acide carbonique qui se rend aux parties foliacées pour y être décomposé, soit de l'air atmosphérique, dont une portion, peut-être, entre comme partie constituante dans le tissu même. Il peut aussi en pénétrer dans plusieurs cas au travers du tissu même des végétaux, ainsi que cela est démontré par l'impossibilité qu'on éprouve à empêcher son passage dans toutes les expériences faites sur des végétaux vivans et même sur des tiges ligneuses. Quelle que soit son origine, cet air atmosphérique, en tout ou partie, et peut-être aussi une partie de l'acide carbonique ou de la portion d'oxigène non dégagée par les surfaces foliacées, se retrouvent dans le végétal sous deux formes : 1° dans les vaisseaux; 2° dans les cavités aériennes.

On a cru long-temps que les vaisseaux étaient les conduits de la sève non élaborée : j'ai exposé plus haut les motifs qui ont fait abandonner cette opinion, au moins quant au cours ordinaire de la végétation. Il paraît que leur état le plus ordinaire est de contenir de l'air. M. Bischoff me semble avoir mis cette assertion hors de doute dans son écrit intitulé : *De verâ vasorum spiralium* (1) *plantarum structurâ et indole*, in-8°, *Bonnæ*, 1829. Il fait remarquer, 1° que si l'on coupe en travers, sous l'eau, la

---

(1) Il comprend sous cette dénomination les trachées, les vaisseaux rayés, ponctués et réticulaires.

tige d'une plante, et qu'on la serre avec les doigts, on voit sortir de petites bulles d'air des faisceaux de vaisseaux; 2° que si on fait la même opération à l'air libre, on n'en voit pas sortir de liquide : double fait qui paraît démontrer que les vaisseaux renferment de l'air. S'il arrive quelquefois qu'on trouve un peu de liquide à l'orifice des vaisseaux, c'est que ce liquide, souvent un peu visqueux, existait dans le tissu cellulaire environnant, et a été entraîné par l'instrument tranchant dont on s'est servi; on ne le trouve en effet que lorsque ce tissu cellulaire est abondamment humide, et non quand il l'est modérément : de plus, quand on essuie la coupe, il ne reparaît plus. M. Bischoff confirme ces premières données en observant que si l'on coupe adroitement une tige un peu humide, et qu'on la soumette au microscope, l'orifice des vaisseaux paraît vide; si on y place une goutte d'eau, elle s'imbibe immédiatement, soit dans les cellules, soit dans les vaisseaux; mais en examinant l'extrémité opposée du fragment de la tige, on voit l'orifice des vaisseaux exhaler de petites bulles d'air qui paraissent chassées par l'eau entrée à l'autre bout.

J'ai cité plus haut (chapitre III) la manière ingénieuse dont M. Bischoff explique le passage de l'eau colorée par les vaisseaux dans les injections, comme un fait d'exception déterminé par la position forcée où se trouve le végétal. Je ne reviendrai pas sur ce sujet; mais j'ajouterai qu'en exposant des fragmens de tige de courge sous l'eau à l'action d'une pompe pneumatique, il a vu, dès les premiers coups de piston, de petites bulles d'air sortir des dix paquets de vaisseaux qui aboutissent à la tranche horizontale, tandis que le tissu cellulaire voisin ne laisse

échapper aucune bulle. Cette expérience est d'autant plus facile, qu'on la tente sur des plantes dont les vaisseaux ont un orifice plus large. L'air qui s'échappe des vaisseaux n'est pas de l'acide carbonique; car lorsqu'on répète ces expériences sous de l'eau de chaux, celle-ci n'est nullement troublée par son développement : mais quelle est la nature de cet air?

M. Bischoff ayant recueilli sous le récipient d'une pompe pneumatique une certaine quantité de l'air extrait des vaisseaux de la balsamine, a tenté de l'analyser; mais malgré sa persévérance, les bulles qu'il avait ainsi obtenues étaient trop petites pour être soumises aux procédés eudiométriques ordinaires. Il s'est exercé à prendre des bulles d'air atmosphérique, à les secouer dans du sulfate de potasse pendant dix à quinze minutes, et a mesuré, par le poids de l'eau déplacée, combien la bulle avait diminué pendant cette opération. Il a vu, en répétant souvent cette expérience, qu'il pouvait en conclure que la diminution de l'air atmosphérique y annonçait de 20 1/2 à 21 1/2 de gaz oxigène. Comme ce résultat s'écartait très-peu de la réalité, il a appliqué le même procédé aux bulles sorties des vaisseaux; il a trouvé dans celles sorties :

Du *malva arborea*, 27,9 d'oxigène;
Du *cucurbita pepo*, 29,8.

Et, d'après une moyenne de plusieurs expériences, il conclut qu'en général cet air contient 8,5 d'oxigène de plus que l'air atmosphérique. Ces expériences sont tellement délicates, que, malgré la confiance qu'inspire l'observateur, il est difficile de ne pas conserver quelque

doute sur les quantités ; mais on peut bien conclure de leur ensemble,

1°. Que les vaisseaux des plantes contiennent, dans leur état habituel, non des sucs, mais de l'air, ainsi que je l'avais déjà admis dans l'Organographie, d'après un ensemble de preuves moins concluantes ;

2°. Que cet air est un peu plus riche en oxigène que l'air atmosphérique, et ne paraît pas contenir d'acide carbonique.

D'où provient cet air des vaisseaux, et quel est son rôle? Ce sont deux questions très-difficiles à résoudre et même à discuter.

Il est bien vraisemblable que l'air des vaisseaux provient, ou de l'air mélangé dans l'eau absorbée par les racines, ou peut-être en partie de celui que les feuilles absorbent pendant la nuit; mais comme nous ne connaissons, au moins avec précision, la terminaison des vaisseaux ni du côté des racines, ni du côté des feuilles, nous ne pouvons avoir aucune idée nette de la manière dont l'air peut y parvenir. M. Bischoff pense que cet air est sécrété par les racines et non absorbé en nature, comme dans la respiration. Je n'ai pas d'objection contre cette opinion; mais je ne la regarde pas non plus comme prouvée.

Il pense aussi que cet air, et surtout l'oxigène qu'il contient, agit sur le suc absorbé par les racines des plantes, et le modifie pour le rendre propre à leur nourriture et à leur développement. Dans cette hypothèse, les vaisseaux des plantes joueraient un rôle analogue aux trachées des insectes, et la respiration se ferait chez elles comme dans ces animaux, par le transport de l'air dans

les diverses parties du corps où le suc nourricier serait déposé. L'analogie de la forme des organes semblerait autoriser ce soupçon; mais jusqu'ici il n'y a rien de prouvé à cet égard, et les faits eux-mêmes ont besoin d'être revus, multipliés et variés. J'ajouterai seulement que si le rôle de l'air des vaisseaux est analogue à celui des trachées des insectes, on ne peut guère supposer qu'il soit dû à une sécrétion des racines : au moins on n'a jusqu'ici aucun exemple d'une respiration entretenue par de l'air sécrété; mais toujours elle a lieu par de l'air atmosphérique absorbé en nature. Je serais donc plus porté à supposer que cet air provient de l'air atmosphérique absorbé qui serait mélangé avec une petite portion d'oxigène provenant de la décomposition du gaz acide carbonique de la sève.

Outre l'air contenu dans les vaisseaux, on en trouve encore dans certaines cavités déterminées tantôt par la rupture d'une partie du tissu cellulaire ou la dilatation des méats intercellulaires, tantôt par la disposition générale de certaines parties qui restent dans leur intégrité. A la première classe appartiennent les cavités qui se forment dans la moelle des dicotylédones, dans la tige des graminées et de plusieurs plantes aquatiques, dans les pétioles du *trapa natans*, dans les utricules de l'utricu-laire, dans le dédoublement des péricarpes du cysti-capnos ou du *nigella damascena*, etc. A la seconde doivent se rapporter les cavités des gousses du baguenaudier, du cardiospermum et de tous les fruits vésiculaires, celles qui se forment dans les boutons de quelques fleurs par le boursoufflement des pétales avant l'épanouissement, etc. Quoique ces deux classes de cavités soient fort différentes

par leur origine, le peu que nous connaissons sur la nature de l'air qu'elles renferment, m'engage à ne pas les séparer. Dans plusieurs cas, cet air me paraît évidemment sécrété par la plante, à peu près comme les animaux paraissent en dégager dans les intestins, dans les vessies natatoires, dans les emphysêmes. Cette sécrétion paraît surtout évidente, quant aux pétioles du trapa, aux utricules de l'utriculaire, etc. Dans d'autres cas, il semblerait que l'air atmosphérique pénètre dans les cavités végétales par la simple porosité générale du tissu : c'est ce que je suis disposé à admettre pour les gousses, les capsules et les boutons de fleurs où l'on trouve de l'air. M. Bérard (1) a aussi conçu cette opinion en observant que, lorsqu'on presse légèrement et graduellement une gousse de baguenaudier, on finit par en faire sortir tout l'air qu'elle contient sans qu'elle paraisse déchirée. Il appuie encore cette opinion sur les expériences de Dalton et de Berthollet qui prouvent la facilité avec laquelle les gaz se mélangent, même dans les circonstances les plus défavorables au phénomène.

Les analyses faites de ces gaz renfermés dans ces diverses cavités sont peu nombreuses, et leurs résultats semblent contradictoires, lorsqu'on n'étudie pas les circonstances du fait. Ainsi les expériences de Priestley (2) et de Bidault de Villiers (3), relatées dans la chimie de Thompson (4, p. 245), sont peu instructives; mais lorsqu'on relate les circonstances, on trouve qu'elles ont en

(1) Mém. sur la nature des fruits, p. 18.
(2) OEuv. 3, p. 279.
(3) Ann. de chim, 88, p. 89.

réalité toutes donné les mêmes résultats. J'ai éprouvé l'air des vessies du *fucus vesiculosus* (1) et des gousses du *colutea arborescens*, de l'*asclepias syriaca*, etc.; dans les unes et dans les autres je n'ai trouvé que de l'air atmosphérique, lorsque ces vessies avaient été exposées quelque temps à l'air; au contraire, en les immergeant sous l'eau à l'ombre, j'y ai trouvé une quantité de gaz acide carbonique d'autant plus grande, que l'immersion avait duré plus long-temps (2), et même à la longue l'oxigène disparaît entièrement. Ingenhouz, avant moi, et M. Bérard, après moi, ont obtenu un résultat analogue. Il est vraisemblable que dans ces circonstances l'oxigène de l'air se combine avec le carbone de la surface intérieure de la vésicule, comme il le fait avec la surface externe de l'écorce ou de la racine; mais lorsqu'on place des gousses vésiculeuses sous l'eau au soleil, le résultat est contraire au précédent. Ingenhouz l'avait déjà remarqué. M. Théod. de Saussure a vu que l'air des gousses de pois, exprimé immédiatement après les avoir détachées de la tige, contient 19,3 d'oxigène, 1,5 d'acide carbonique et 79,2 d'azote, tandis qu'après leur submersion sous l'eau de source au soleil, il contient 30 d'oxigène, 1 d'acide carbonique et 69 d'azote.

Il est quelques-unes de ces vessies qui servent à soutenir dans l'eau les plantes aquatiques comme de veritables vessies natatoires; c'est ce qu'on voit très-clairement dans le trapa, l'utricularia, le *lemna gibba*, et parmi les cryptogames dans les *fucus natans*, *vesiculosus*, etc.

(1) Bull. de la soc. philom., an VII, p. 171.
(2) DC, Astragal, p. 11.

On peut encore soupçonner que dans d'autres plantes aquatiques les cavités aériennes des pétioles ou des pédoncules des nymphéacées, des tiges des cératophyllées, des naïades, etc., servent à les soutenir dressées dans l'eau. On peut dire encore que les vésicules des boutons de fleurs servent à protéger le pollen contre l'action de l'eau ou de l'humidité. Mais à quoi servent les cavités du canal médullaire, les lacunes des tiges des graminées ou des prêles non aquatiques, les cavités des péricarpes vésiculeux? C'est ce qu'il est difficile de dire sans s'écarter entièrement du cercle des faits observés.

CHAPITRE XIV.

Tableau général de la nutrition des végétaux vasculaires.

ARTICLE PREMIER.

Tableau de la nutrition considérée dans son ensemble.

Si nous cherchons maintenant à résumer les faits et les théories partielles que nous avons exposés dans les chapitres précédens, nous pourrons tenter de retracer ici un tableau abrégé de la nutrition des végétaux vasculaires.

Les spongioles des racines, par leur contractilité vitale, aidée par la capillarité et la force hygroscopique inhérentes à leur tissu, pompent l'eau ambiante avec les matières salines, organiques ou gazeuses, dont elle se trouve imprégnée.

Cette eau s'élève par le corps ligneux, et en particulier par les méats intercellulaires, jusqu'aux parties foliacées, par un effet vital manifesté principalement par la contractilité des cellules et peut-être celle des vaisseaux, secondée par l'hygroscopicité et la capillarité du tissu, par le vide qu'opère l'exhalaison, etc.

Elle arrive aux organes foliacés, appelée verticalement par les feuilles et latéralement en toute saison, mais sur-

tout au printemps, par l'enveloppe cellulaire; une grande partie s'exhale au dehors pendant le jour par les stomates à l'état d'eau pure, et laisse dans les organes où se fait cette exhalaison, toutes les parties salines, et notamment toutes les parties minérales qu'elle contenait.

La sève qui arrive dans les parties foliacées y est frappée par la lumière solaire, et au moyen de cet agent le gaz acide carbonique dissous dans la sève (soit qu'il provienne ou de l'eau pompée par les racines, ou de l'acide carbonique de l'air, ou de celui que l'oxigène de l'air a formé avec le carbone surabondant de la plante), est décomposé pendant le jour; le carbone se fixe dans le végétal, et l'oxigène est rejeté au dehors sous forme de gaz.

Le résultat immédiat de cette opération paraît être la formation de la gomme qui est composée d'un atome d'eau et d'un atome de carbone, et qui est susceptible, par des modifications très-légères, de se changer en fécule, en sucre, en lignine, matières dont la composition est presque semblable.

Le suc nourricier fourni par ces élaborations, et dont la gomme paraît être l'état le plus simple et le plus ordinaire, redescend des feuilles vers les racines pendant la nuit, le long de l'écorce et de l'aubier dans les exogènes, le long du corps ligneux dans les endogènes.

Il rencontre sur sa route, surtout dans l'écorce et près de son origine, des glandes ou cellules glandulaires qui s'en imbibent et forment dans leur cavité des matières spéciales, la plupart incapables de servir à la nutrition, et destinées à être rejetées au dehors ou transportées dans le tissu.

Il dépose sur sa route les matières nutritives qui, plus ou moins mêlées dans le corps ligneux avec la sève ascendante ou absorbées avec l'eau que l'enveloppe cellulaire aspire transversalement par les rayons médullaires, sont absorbées et élaborées par les cellules, et surtout par les cellules arrondies ou peu alongées.

Ce dépôt de matières nutritives, principalement composé de gomme, de fécule, de sucre, peut-être de lignine et quelquefois d'huile fixe, s'opère souvent dans des organes préparés à l'avance, où ces matières repompées plus tard servent ensuite à nourrir d'autres organes.

L'eau qui s'élève de la racine aux parties foliacées y arrive presque pure quand elle traverse rapidement des parties ligneuses dont les molécules sont peu solubles.

Celle, au contraire, qui traverse les lieux où se trouve beaucoup de tissu cellulaire arrondi, rempli de matières nutritives, y ralentit sa route, se mélange avec elles, les dissout; et lorsqu'elle est appelée au-delà par la vitalité des parties qui se développent, elle y arrive, non plus à l'état d'eau pure, mais à l'état d'eau chargée de principes nutritifs. Le transport des sucs paraît s'effectuer essentiellement par les méats intercellulaires. Les vaisseaux participent probablement à cette fonction dans certains cas, mais servent le plus souvent de conduits aériens.

Les cellules paraissent les organes vraiment actifs de la nutrition, ceux dans lesquels se passe la décomposition des sucs et leur assimilation. La cyclose est un phénomène qui ne semble bien lié qu'avec l'élaboration des sucs laiteux, et qui paraît déterminé par la contractilité vitale des parois des cellules ou des tubes.

Dans chaque cellule il se dépose en quantités variables, selon les espèces et les circonstances, des matières ligneuses ou autres qui en tapissent les parois, et l'inégalité de cette couche paraît, d'après M. Mohl, la cause qui a fait croire à la perforation des cellules ; les parties qui restent transparentes représentent sous le microscope l'apparence des pores.

Chaque cellule peut bien être considérée comme un corps qui élabore des sucs dans son intérieur ; mais son action dans les végétaux vasculaires se lie à un ensemble d'organes de telle sorte, qu'une cellule ne représente point l'être entier, comme on peut le dire des cellules, toutes semblables entre elles, de certains végétaux cellulaires.

Il n'y a pas dans les végétaux de circulation véritablement analogue à celle des animaux; mais il y a ascension et descente alternative de la sève non élaborée, et du suc nourricier souvent mêlé à la sève. Ces deux faits généraux sont peut-être déterminés par la contractilité des cellules encore jeunes, qui serait la véritable fonction vitale des plantes.

Il est facile de voir, d'après ce tableau de la nutrition des végétaux, que cette nutrition a des rapports assez prononcés avec celle des insectes. On sait, d'après M. Cuvier, que, dans cette classe d'animaux les organes glandulaires sont représentés par des espèces de houppes qui baignent dans le suc nourricier, et en tirent les élémens nécessaires à leur existence ; de même dans les végétaux, les cellules sont plus ou moins entourées par le suc gommeux élaboré par les feuilles, et glissant dans les méats intercellulaires, à peu près pur dans l'écorce,

où les cellules sont chargées de la plupart des vraies sécrétions, mélangé avec la lymphe ascendante dans le bois, où les cellules forment le plus souvent des matières nutritives très-peu différentes du suc gommeux. Cette analogie avec les insectes (déjà entrevue par Bazin (1), mais d'après des principes inexacts) deviendra plus claire, lorsque le rôle des vaisseaux aura été mieux apprécié, et qu'on aura mieux constaté qu'ils servent à charrier l'air dans l'intérieur du végétal.

Les végétaux vasculaires parasites font exception à ces lois générales, en ce qu'ils ne peuvent pas se procurer par eux-mêmes toute la nourriture dont ils ont besoin : les uns manquent de moyens d'absorption, les autres de moyens d'élaboration. Pour ne pas morceler ce que nous aurons à dire des parasites, nous renvoyons la discussion de ce qui les concerne au chap. XIV du livre 5, où nous aurons à examiner l'action des végétaux les uns sur les autres.

Cherchons maintenant à appliquer ces données générales, 1° à l'histoire des phénomènes de la végétation considérée dans sa marche annuelle; et 2° en particulier à la théorie de l'accroissement, que nous avons déjà traitée dans l'Organographie, en ce qui tient à la structure des organes, et que nous ne traiterons par conséquent que d'une manière abrégée.

---

(1) Des Plantes et de leur analogie avec les insectes, 1 vol. in-8°, 1741.

ARTICLE II.

Tableau du développement considéré dans sa marche annuelle.

§. 1. Végétation de l'hiver.

On ne peut pas dire que l'ascension de la sève soit nulle pendant l'hiver, mais elle y est beaucoup plus faible que dans le reste de l'année. Les preuves de cette absorption pendant l'hiver, qui ont été en partie bien développées par M. Perotti (1), se déduisent des faits suivans : 1° Les arbres verts, greffés sur ceux qui perdent leurs feuilles, en tirent évidemment de la sève, et celle-ci vient des racines ; car, si on interrompt la communication, la branche périt. Le gui qui fleurit en hiver offre une preuve évidente de ce phénomène. 2° Si l'on coupe des branches d'arbres en hiver, et qu'on en mastique bien la coupe, elles perdent de leur poids (moins sans doute qu'en été) et finissent par périr. 3° Si on taille un arbre en automne, les bourgeons conservés grossissent davantage et se feuillent plus tôt au printemps, parce qu'ils reçoivent une proportion plus forte de nourriture. 4° Les bourgeons grandissent un peu pendant l'hiver ; ce qui ne peut se faire sans la continuation d'un peu de mouvement vital. 5° Si on plante deux arbres semblables, l'un immédiatement après la chute des

(1) Physiol. végét., p. 220.

feuilles, et l'autre en février, le premier pousse plus tôt au printemps, parce qu'il a eu plus de temps pour pomper quelques sucs. 6° Duhamel a observé que les arbres poussent leurs petites racines principalement pendant l'hiver; ce qui annonce encore une action vitale. 7° Mustel assure (1) que le bois coupé en hiver donne, quand on le brûle, plus d'eau que celui qu'on coupe en été. 8° Enfin, De Saussure a vu que la neige fond plus vite au pied des arbres vivans que près des arbres morts; et Pictet et Maurice se sont assurés que la température interne du tronc d'un arbre en hiver est plus élevée que celle de l'air, et égale à celle de la zone de terre qu'occupent les racines : d'où on doit conclure que l'arbre absorbe un peu d'eau, qui le tient en équilibre de température avec le sol.

Il est donc certain qu'il s'élève un peu d'eau du terrain par les racines; mais de cette discussion même on doit conclure qu'il s'en élève bien peu. Les causes de cette ascension hivernale sont, d'un côté, l'action très-faible des cellules des spongioles qui la poussent *à tergo*, et surtout de l'autre, celle de l'enveloppe cellulaire de l'écorce qui l'aspire à elle. La vie de cette enveloppe est tellement nécessaire à cette ascension, que dès qu'elle cesse, l'arbre meurt en totalité. C'est à la verdure de ces cellules situées sous l'épiderme, qu'on reconnaît en hiver la vie d'un arbre; dès que la gelée l'a atteint, elle devient brune, et alors la branche, s'il s'agit d'un gel partiel, ou la tige, s'il s'agit d'un gel général, sont mortes et incapables d'absorber aucun suc. Presque tout

(1) Traité de la végétation, 1, p. 109.

ce qu'on a dit du rôle du liber peut s'appliquer à cette enveloppe cellulaire.

Il est des végétaux chez lesquels l'enveloppe cellulaire continue toute l'année à être le seul, ou tout au moins le principal agent qui détermine l'ascension de la sève : tels sont les ephedra, le *genista juncea*, les cactus, les stapelia, les cynanchum sans feuilles, etc. Lorsque l'écorce a des stomates, ce qui est le cas dans les exemples que je viens de citer, alors elle joue entièrement le rôle de feuilles, et pour absorber et pour exhaler; lorsqu'elle n'en a point, comme cela a lieu dans les jeunes pousses, et surtout dans les vieux troncs des arbres, l'écorce agit à peu près comme les fruits charnus : elle évapore très-peu; mais elle tend à absorber un peu d'eau.

Dans les arbres qui gardent leurs feuilles en hiver, l'absorption et l'évaporation continuent à s'exécuter, mais moins vivement qu'en été, soit parce que les causes excitantes externes, la chaleur et la lumière, ont diminué d'action, soit parce que les feuilles elles-mêmes ayant déjà rempli leurs fonctions pendant l'été, sont encroûtées de carbone et de dépôts terreux qui ralentissent leur action.

§. 2. Végétation du printemps.

Au premier printemps il se passe deux phénomènes : 1° l'action de la chaleur du soleil se fait sentir sur l'écorce, et d'autant plus quelle est plus jeune : elle excite son action vitale, et celle-ci appelle à elle la sève des racines. On reconnaît que la chaleur atmosphérique agit ici par les faits suivans : si on fait entrer en hiver comme

l'a fait Mustel (1), et comme je l'ai souvent répété, une branche d'arbre dans une serre, le tronc restant en dehors, cette branche, excitée par la chaleur, développe de suite ses bourgeons, ses feuilles et ses fleurs. Ce n'est pas de la serre qu'elle tire l'eau, car si on interrompt sa communication avec la racine, elle périt; et si, comme je l'ai fait on choisit un arbre à deux maîtresses branches et à deux maîtresses racines correspondantes, et qu'on adapte en terre une bouteille d'eau à chaque racine, on voit que celle qui correspond à la branche de la serre se vide promptement, tandis que l'autre reste sensiblement pleine. C'est donc l'action de la chaleur sur l'enveloppe cellulaire de l'écorce qui développe sa vitalité, et celle-ci agit jusque sur les racines, comme le font toutes les causes qui déterminent le jeu vital des parties foliacées. La chaleur de la terre a peu d'action sur ce phénomène, car la terre au mois de mars est, sauf sa surface, plus froide qu'au mois de novembre. Mais sa surface au printemps se réchauffe un peu : cette chaleur excite les bourgeons radicaux des plantes vivaces et détermine leur évolution.

Outre cette action de la chaleur atmosphérique, il se passe à la fin de l'hiver un second effet moins visible, mais très-important : le sol est plus chaud que l'air au cœur de l'hiver; cette chaleur excite la vitalité des troncs et des racines qui se trouvent alors remplis de toute la nourriture accumulée pendant l'année précédente, et elle y fait développer vers la fin de l'hiver des radicules nouvelles. Celles-ci qui ont la fraîcheur et l'activité de la

(1) Traité de la végétation, 2, p. 326.

jeunesse, commencent à agir et pompent l'humidité du sol.

Ainsi le réveil de la végétation s'exécute par le concours de deux causes : l'activité des nouvelles racines qui pousse la sève *à tergo*, et l'activité de l'enveloppe cellulaire qui l'aspire. Cette sève, en arrivant aux parties foliacées, y fait développer les bourgeons : elle se porte d'abord sur ceux du sommet des branches, soit peut-être parce qu'elle marche plus facilement dans le sens rectiligne que latéralement, soit surtout parce que le bois et l'écorce de l'extrémité des branches étant plus herbacés, les cellules y ont conservé une action vitale plus énergique. L'influence prépondérante de cette dernière cause est manifeste par certains cas exceptionnels : ainsi le gincko et le mélèze qui ont leurs branches de l'année également *aoutées* d'un bout à l'autre, développent leurs bourgeons de bas en haut, tandis que dans tous les autres arbres l'évolution a lieu de haut en bas.

Mais quoique les deux causes que je viens de mentionner, la chaleur de l'air et l'action des racines nouvelles, soient les plus importantes, il y en a peut-être une troisième plus occulte à observer.

Les plantes poussent au printemps à une température quelquefois inférieure à celle de l'automne ; les bourgeons se développent au printemps sur les tubercules conservés dans des caves où la température ne varie point, ou sur des arbres gardés dans des serres également chauffées à toutes les saisons. Lorsqu'une fois ce réveil des bourgeons et des spongioles a eu lieu, il continue même à une température inférieure et sans ralentissement sensible, comme MM. Mirbel et Chevreul

s'en sont assurés par l'expérience(1), et comme j'en citerai tout à l'heure des exemples. Il y a donc dans ce phénomène une action vitale spéciale. D'un côté, les bourgeons ont tiré lentement pendant l'hiver une partie de la nourriture accumulée auprès d'eux, et sont par-là disposés à pousser; de l'autre, il est probable qu'une disposition périodique existe dans le tissu végétal, et dispose aussi les spongioles à absorber des sucs et les bourgeons à se développer. Enfin, l'état plus ou moins avancé des bourgeons, déterminé par la végétation de l'été précédent, pourrait bien un peu influer sur le phénomène.

A cette époque de la végétation vernale, les spongioles, réveillées de leur léthargie, absorbent beaucoup d'eau sans action bien visible des parties supérieures. Cette eau, poussée *à tergo* par leur action, s'élève avec force par le corps ligneux. Si elle y rencontre une solution de continuité, elle s'en écoule comme d'une fontaine : c'est ce qui forme l'écoulement aqueux déterminé dans la vigne par la taille, et connu sous le nom de *pleurs de la vigne*. S'il n'existe pas de solution de continuité, cette lymphe s'élève moins vivement; elle a le temps de dissoudre une partie des matières nutritives déposées dans la tige ou la racine; elle s'élève aux bourgeons, et les développe par l'effet de cette eau chargée de nourriture : plus la quantité de matières nutritives déposées est considérable, plus les premiers jets qui se développent sont vigoureux. Quand une mauvaise année antécédente en a réduit la quantité, la végé-

(1) Mirbel, Physiol. vég., 1, p. 211.

tation du printemps en reste plus faible. Ainsi, une végétation vigoureuse dans l'été prépare les végétaux à mieux résister au froid parcequ'ils ont plus de lignine, et à pousser vigoureusement au printemps parce qu'ils ont plus de nourriture déposée. Les effets inverses sont produits par une végétation languissante. Ces causes antérieures modifient quelquefois les effets de la température du printemps, de telle sorte que les printemps qui réunissent les conditions les plus favorables ne font pas autant de bien qu'on pourrait le croire, s'ils succèdent à une mauvaise année, ni ceux qui paraissent mauvais ne font autant de mal s'ils succèdent à une bonne.

Le développement des bourgeons, paraissant en général soumis à la température, doit varier avec elle, selon les années, entre certaines limites et d'après certaines combinaisons de causes encore peu exactement appréciées. Pour donner une idée de ces variations et de l'impossibilité de les rapporter à quelque loi unique, je transcrirai ici les notes de la sortie des feuilles de deux marroniers de la promenade de la Treille à Genève, qui ont été tenues par deux hommes très-exacts et fort bien placés pour cette observation, MM. Rigaud-Martin et Théodore Paul (le premier pendant 23 ans, le second pendant 14 ans), chacun d'eux sur un arbre déterminé, et en notant toujours la première apparition des feuilles hors du bourgeon. Ces notes, qu'ils ont bien voulu me communiquer, sont le sujet du tableau A ci-joint.

Il résulte de ce tableau que pour l'arbre A, sur 23 années observées par M. Rigaud, les extrêmes ont été l'an 1822, où l'évolution a eu lieu le 22 mars, et l'an 1816, où elle a eu lieu le 22 avril ; ce qui donne 31 jours d'é-

cart, et porte la moyenne de l'évolution au 7 avril, soit, pour parler plus exactement, à cause des années bissextiles, au 97e jour après le 1er janvier. Le marronier B, observé 14 ans par M. Théodore Paul, donne la moyenne au 93e jour après le 1er janvier. Si l'on prend cette moyenne non par les extrêmes, mais sur la totalité des chiffres, on trouve que celle du marronier A est au 98e jour de l'année, et celle du marronier B au 92e. Les deux marroniers se sont en général peu écartés l'un de l'autre dans leur développement, sauf dans l'année 1818, où la différence a été de 23 jours. Cette différence m'a paru si énorme que j'ai retranché cette année des tableaux suivans, dans la crainte de quelque erreur d'observation. Les notes de M. Paul m'étant parvenues les premières, c'est sur elles seulement que j'ai dressé les tableaux B et C, en retranchant cette année 1818 par le motif indiqué. Je ne les ai pas étendues aux années de 1808 à 1817, parce que n'ayant qu'une observation, je n'avais aucun contrôle de son exactitude : je me suis donc borné à la comparaison de 13 ans qui m'a paru suffisante pour l'importance un peu secondaire de l'objet.

J'ai dressé les tableaux B et C d'après les tables météorologiques de la *Bibliothèque universelle*; mais je dois remarquer que ces tables ne sont pas rigoureusement comparables entre elles. Elles se divisent en trois séries. Dans la première, qui comprend les années 1819, 20 et 21, l'observation se faisait dans un lieu plus élevé, plus sec et plus chaud que dans les quatre années suivantes, et on ne consignait que celles du lever du soleil, comme minimum, et de deux heures après midi comme maximum. Dans la seconde, qui comprend les années

Tableau A, indiquant la date de la première évolution des bourgeons de deux marroniers d'Inde situés l'un et l'autre sur la promenade de la Treille, à Genève, et exposés au midi.

MARRONIER A observé (1) par M. Rigaud-Martin.	MARRONIER B observé par M. Th. Paul (2).	Où en rangeant les années par la date de l'évolution,		Où en rangeant les années par le nombre de jours écoulés (1) depuis le 1er janvier.	
		d'après M. Rigaud-Martin.	d'après M. Paul.	d'après M. Rigaud.	d'après M. Paul.
1808 (B) 15 avril	»	» »	1818 16 mars	» »	»
1809 28 mars	»	1822 22 mars	1822 17 mars	1822 81	76
1810 29 mars	»	1815 24 mars	» »	1815 83	»
1811 26 mars	»	1831 26 mars	» »	1831 85	90
1812 (B) 13 avril	»	1811 26 mars	» »	1811 85	»
1813 8 avril	»	1809 28 mars	» »	1809 87	»
1814 »	»	1830 28 mars	1830 29 mars	1830 87	88
1815 24 mars	»	1826 29 mars	1826 29 mars	1826 88	88
1816 (B) 22 avril	»	1810 29 mars	» »	1810 88	»
1817 7 avril	»	1828 31 mars	1831 31 mars	1828 91	91
1818 8 avril	16 mars	1819 1 avril	1819 1 avril	1819 91	91
1819 1 avril	1 avril	1823 3 avril	1823 4 avril	1823 93	93
1820 (B) 5 avril	6 avril	1829 4 avril	1828 4 avril	1829 94	96
1821 10 avril	10 avril	1820 5 avril	1820 6 avril	1820 95	96
1822 22 avril	17 mars	1825 6 avril	1825 6 avril	1825 96	96
1823 3 avril	4 avril	1827 7 avril	1829 6 avril	1827 97	99
1824 (B) 21 avril	20 avril	1817 7 avril	1827 9 avril	1817 97	»
1825 6 avril	6 avril	1818 8 avril	» »	1818 98	75
1826 29 mars	29 mars	1813 8 avril	» »	1813 98	»
1827 7 avril	9 avril	1821 10 avril	1821 10 avril	1821 100	100
1828 (B) 31 mars	4 avril	1812 13 avril	« »	1812 104	»
1829 4 avril	6 avril	1808 15 avril	» »	1808 106	»
1830 28 mars	29 mars	1824 21 avril	1824 20 avril	1824 112	111
1831 26 mars	31 mars	1816 22 avril	» »	1816 113	»

(1) Cet arbre, situé presque en face de l'arcade de la Treille, il est le plus grand de la promenade ; il est un peu exposé au vent du nord.

(2) Cet arbre est situé devant la croisée de la salle du Conseil-d'État : il est moins grand que le précédent, et un peu plus complétement abrité du nord.

(3) Les erreurs apparentes tiennent à la différence des années bissextiles (B) et non bissextiles.

Tableau B, *indiquant les variations atmosphériques vernales propres à expliquer les époques d'évolution du marronier d'Inde.*

ANNÉES dans l'ordre de précocité.	DATE de l'évolution du marronier B.	NOMBRE de jours à dater du 1er janv.	SOMME DES DEGRÉS de la chaleur moyenne diurne			MOYENNE DES TEMPÉRATURES du jour de l'évolution et des précédens					NOMBRE DE JOURS CLAIRS avant l'évolution, en				QUANTITÉ DE PLUIE OU NEIGE tombée avant l'évolution, en			
			depuis le 1er janv	*idem*, en retranchant les degrés de gelée.	depuis le dernier jour où la moyenne a été sous zéro.	5 jours.	10 jours.	15 jours.	20 jours.	30 jours.	5 jours	10 jours.	15 jours.	20 jours.	5 jours.	10 jours.	15 jours.	30 jours.
1822	17 mars	76	181,05	164,40	168,40	5,74	6,34	5,98	5,52	4,87	4	8	11	22	0	lign. 3,25	3,25	3,25
1826	29 ma.	88	194,50	28,90	180,45	4,68	3,91	4,28	4,03	4,67	0	1	4	14	4 l. 0	4, 0	4, 0	4, 0
1830	29 ma.	88	187,80	−58,90	174, 3	9,20	8,15	7,57	6,95	5,41	5	9	11	15	0	0	2 l. 02	11,41
1831	31 ma.	90	218,60	96, 8	48,70	7,65	5,32	5,51	5,61	5,69	1	2	6	9	0	6, 2 N. 3. l.	8,77 N. 3 l.	14,52 N. 3 l.
1819	1 av.	91	313,50	305,30	167,20	8,52	7,29	6,40	6,37	5,54	5	7	8	16	0	7, 0	8,50	8,50
1828	1 av.	92	266,20	241,60	135,70	5,06	4,09	5,34	5,96	4,65	2	4	6	12	3,70	5,54	11,14	11,14
1820	2 av.	93	272,40	201,20	114,70	8,91	6,61	4,93	4,32	3,52	2	5	8	13	0	2,50	2,50	7,50
1823	4 av.	95	199,05	129,40	168,30	7,80	6,69	6,70	5,66	4,32	2	7	9	15	0, 6	0, 6	3, 7	11,80
1825	5 av.	96	172,65	126,25	91,20	8,30	6,85	5,79	4,52	3,83	3	8	10	23	0	0	0	0
1829	6 av.	96	190,40	64,30	174,30	5,92	6,47	6,74	6,68	6,72	1	2	4	9	2,02	10,30	13,94	30,72
1827	9 av.	99	267,70	165,40	123,40	9,96	6,93	6,99	6,67	5,55	4	6	7	11	0	5,10	14,85	24,42
1821	10 av.	100	270,70	247, 8	227, 6	6,36	6,10	4,40	4,14	4,36	2	2	3	11	2.25	16,50	16,50	31,75
1824	20 av.	110	203,30	122, 6	68, 9	6,00	4,86	4,42	3,57	3,10	2	5	5	7	2,50	3,30 N. 2 l.	3,30 N. 2 l.	3, 8 N. 3 p. 2 l.
1818	Écarté à cause de la trop grande divergence des observateurs.																	

(Tome I, page 432.)

Tableau C, indiquant la moyenne de la température des mois écoulés depuis la première apparition à l'évolution du bourgeon.

ANNÉES dans l'ordre de leur précocité.	DATE de l'évolution du marronier B.	NOMBRE de jours depuis le 1er janvier.	MOYENNES MENSUELLES.										MOYENNES	
			Juillet.	Août.	Septembre.	Octobre.	Novemb.	Décemb.	Janvier.	Février.	Mars, jusqu'à l'évolution	Avril, jusqu'à l'évolution	de juillet, août, septem., et octobre.	de novembre, décembre, janvier et février.
1822	17 mars	76	+ 13,24	+ 15,00	+ 12,50	+ 8,24	+ 7,02	+ 4,87	— 0,13	+ 2,62	+ 5,20	»	+ 12,24	+ 3,79
1826	29 mars	88	+ 13,70	+ 14, 2	+ 12,64	+ 8,08	+ 4,72	+ 3,77	+ 3,95	+ 2,10	+ 4,69	»	+ 12,11	+ 3,83
1830	29 mars	88	+ 14,09	+ 13,70	+ 11,13	+ 6,45	+ 2,68	— 2,66	— 5,04	— 1,76	+ 5, 3	»	+ 11,34	— 1,92
1831	31 mars	90	+ 14,49	+ 14,41	+ 10,91	+ 7,13	+ 4,44	+ 0,38	— 2,38	— 0,57	+ 5,57	«	+ 11,98	+ 0,46
1819	1 avril	91	+ 16,02	+ 14,20	+ 11,23	+ 7,97	+ 6,25	+ 1,22	+ 2,03	+ 2,99	+ 5,10	+ 8, 7	+ 12,38	+ 4,13
1828	1 avril	92	+ 16,90	+ 15,34	+ 12,01	+ 8,97	+ 2,10	+ 4,34	+ 2,11	+ 2,04	+ 4,36	+ 5, 5	+ 12,78	+ 3,52
1820	2 avril	93	+ 14,71	+ 14,27	+ 12,67	+ 8,37	+ 4,27	+ 2,49	+ 0,24	+ 2,52	+ 3,00	+ 9, 6	+ 12,50	+ 3,14
1823	4 avril	95	+ 14,40	+ 13,28	+ 11,68	+ 8,46	+ 5,78	+ 0,20	— 1,79	+ 2,91	+ 3,48	+ 7, 5	+ 11,95	+ 2,70
1825	5 avril	96	+ 14,26	+ 12,63	+ 10,53	+ 5,71	+ 4,21	+ 2,31	— 0,40	— 2,50	+ 2,84	+ 8, 3	+ 11,28	+ 1,87
1829	6 avril	96	+ 15,15	+ 13,78	+ 12,71	+ 8,92	+ 4,61	+ 2,35	— 1,57	+ 0,32	+ 4,26	+ 6, 1	+ 11,10	+ 2,27
1827	9 avril	99	+ 15 ,87	+ 16,65	+ 13,23	+ 8,92	+ 2,79	+ 1,32	— 0,80	— 0,66	+ 5,18	+ 7,47	+ 13,42	+ 0,88
1821	10 avril	100	+ 14,12	+ 15,45	+ 10,32	+ 7,99	+ 2,50	+ 1,51	+ 2,12	+ 0,66	+ 5,19	+ 6, 1	+ 11,98	+ 2,26
1824	20 avril	110	+ 12,51	+ 13,25	+ 11,09	+ 5,69	+ 0,65	+ 1,72	— 1,27	+ 1,16	+ 2,08	+ 3,45	+ 10,93	+ 0.75

1822, 23, 24 et 25, les observations se faisaient dans un lieu plus bas, plus humide et plus froid, et se notaient comme ci-dessus. Dans la troisième qui comprend les six dernières années, l'observation s'est faite dans un lieu plus haut, plus sec et plus froid ; on y marquait la température de neuf heures du matin et de trois heures de l'après-midi. Dans les deux premières périodes, j'ai estimé la moyenne de la journée, en prenant la moyenne entre les deux observations. Dans la troisième, j'ai pris la température de neuf heures du matin, comme la moyenne des vingt-quatre heures.

Le tableau B est destiné à apprécier l'influence des circonstances atmosphériques du printemps même où se fait l'évolution.

Adanson avait admis que l'évolution des bourgeons était déterminée par le nombre des degrés de chaleur moyenne diurne qui s'étaient accumulés depuis le commencement de l'année. La première colonne de ce tableau est destinée à vérifier cette opinion. Il suffit d'y jeter les yeux pour voir que cet élément isolé ne décide pas la question : en effet, cette somme varie de 172 à 313, dans les années où la différence d'évolution n'a été que de cinq jours, et ne suit d'ailleurs aucun ordre : j'ai voulu savoir si en retranchant de cette somme les degrés de froid, on obtiendrait un résultat plus vrai ; la seconde colonne démontre qu'ils sont encore plus inexacts. Enfin on s'écarte peut-être un peu moins de la vérité, en supputant les degrés de chaleur seulement depuis le jour où la moyenne diurne a été au-dessus de zéro : encore trouve-t-on que cette somme n'a été que de 48° en 1831, et de 227 en 1821. Je crois que sous quel point de vue

qu'on veuille envisager l'hypothèse d'Adanson, elle n'est pas conforme aux faits.

L'observation populaire semble établir que la température du mois ou des jours qui précèdent immédiatement l'évolution, est celle qui influe le plus sur le phénomène, et cette observation est fortement confirmée par le développement rapide que présentent les bourgeons d'une branche introduite pendant l'hiver dans une serre chaude. Pour vérifier cette influence, j'ai cherché dans les 4e, 5e, 6e, 7e et 8e colonnes, les degrés de chaleur moyenne des 5, 10, 15, 20 et 30 jours qui ont précédé l'évolution (celui-ci compris).

La chaleur moyenne des cinq jours les plus voisins du phénomène a varié de 4,68 à 9,96; celle des dix jours voisins, de 3,91 à 8,15, dans deux années où l'évolution a eu lieu le même jour : celle des quinze jours qui précèdent a varié de 4,28 à 6,99; celle des vingt jours à varié de 4,03 à 6,95 dans deux années semblables, quant au résultat; enfin celle du mois qui précède l'évolution a varié de 3,10 à 6,72.

On arrive à quelque résultat plus plausible en comparant les moyennes des six années précoces comparées aux six années tardives, savoir :

	Ann. précoces.	Ann. tardives.
Moyenne des 5 jours.......	6,81	7,39
— des 10 jours.......	5,85	6,32
— des 15 jours.......	5,85	5,84
— des 20 jours.......	5,74	4,87
— des 30 jours.......	5,14	4,31

D'où l'on peut tirer les deux conclusions suivantes : 1° l'évolution a lieu en général lorsque la moyenne de

quinze jours consécutifs a été d'environ 5,84° R. 2° Dans les années précoces, la température du mois entier qui précède l'évolution s'écarte peu de cette moyenne; dans les années tardives, la moyenne du commencement de ce mois est fort au-dessous, et celle de la fin, sensiblement au-dessus, de manière à établir une compensation. Si ces résultats donnent quelque idée de la moyenne du phénomène, ils sont loin d'en expliquer les détails : ainsi, par exemple, on a peine à comprendre pourquoi dans l'année 1826 l'évolution a eu lieu à une température si inférieure à celle de 1830, 31, 27, 29, etc., à ce point que, dans ces dernières années, il y avait depuis un mois une température supérieure à celle où l'évolution a eu lieu en 1826.

J'ai voulu tenter d'apprécier l'effet des rayons directs du soleil; et au milieu de beaucoup d'anomalies relatées dans les colonnes 9, 10, 11 et 12, qui indiquent le nombre des jours clairs, je suis frappé de ce fait, que l'année où l'évolution a exigé le moins de chaleur est celle où il n'y a eu qu'un seul jour clair dans les dix jours qui ont précédé le phénomène, tandis que l'année 1825, qui est une de celles où l'évolution a requis le plus de chaleur, a eu vingt-trois jours clairs sur le mois qui l'a précédé. On sait bien que dans les jours clairs le rayonnement emporte beaucoup de calorique, et rafraîchit ainsi la surface du sol pendant la nuit : mais il me semble de quelque intérêt de voir que ce refroidissement de la nuit semble plus grand sur les arbres, que l'échauffement produit pendant le jour par les rayons directs du soleil. Cependant le degré d'humidité pourrait bien influer aussi sur ce résultat.

Les quantités de pluie relatées aux colonnes 13, 14, 15 et 16, ont offert une foule d'anomalies : cependant je dois noter que des deux années 1826 et 1830, où l'évolution s'est faite dans le même nombre de jours, la première qui a exigé peu de chaleur, a eu une pluie de quatre lignes dans les jours qui ont immédiatement précédé ; et la seconde, qui a exigé beaucoup de chaleur, n'avait point eu de pluie dans les dix jours qui ont précédé l'évolution. On peut faire les mêmes comparaisons entre les années 1829 et 1825, 1820 et 1828. D'où je puis conclure que l'humidité du sol et de l'air favorise le développement des bourgeons. Ce résultat est conforme à l'observation populaire qui a fait désigner sous le nom de *vents feuillus* les vents chauds et humides du printemps.

Après avoir épuisé toutes les considérations que j'ai su déduire des observations vernales, j'ai voulu savoir si les mois antécédens avaient quelque action.

Les mois d'hiver en ont évidemment peu, si on prend les moyennes, car les six années précoces offrent une moyenne des quatre mois de novembre, décembre, janvier et février = 2,30, et les six tardives = 2,29. On comprend en effet que dès que la végétation est interrompue, il importe peu au végétal que ce soit par un froid de 5 ou de 10 degrés. On arriverait probablement à un résultat plus réel, si on pouvait calculer la durée de la gelée; mais les tables météorologiques qui sont à ma disposition pour cette période ne donnent cet élément que d'une manière imparfaite. Je noterai seulement ici que l'année 1830, où la moyenne des quatre mois cités a été de —1,92, a compensé cet accident par une continuité et

une intensité remarquables dans la chaleur du mois de mars, et que la même chose a eu lieu dans les années 1827 et 1831, où la moyenne des mois de suspension a été au-dessous de + 1, mais où la chaleur du mois qui a précédé l'évolution a été forte. Ces faits tendent à confirmer l'opinion que la végétation est loin d'être totalement suspendue en hiver.

Enfin la température des quatre mois d'été, pendant lesquels le bourgeon du printemps suivant se prépare, a-t-elle une influence sur son développement? On est tenté de le croire en comparant, par exemple, l'année la plus précoce, où la moyenne des quatre mois d'été s'est élevée à + 12,24, avec la plus tardive où elle ne va qu'à 10,93. Mais il y a trop d'anomalies dans les années intermédiaires pour que j'ose donner de l'importance à cet élément, quoique en théorie je le croie digne de quelque attention, au moins pour les arbres délicats.

Je crois pouvoir conclure de ces données, 1° que le phénomène de l'évolution vernale des bourgeons n'est pas dû à une cause unique; 2° que pour le marronier elle n'a lieu en général que lorsque la température moyenne de quinze jours consécutifs est d'environ 5,84° R.; 3° qu'il faut une température plus élevée pour déterminer l'évolution, quand le temps est clair que quand il est couvert, quand le sol est sec que quand il est modérément humide; 4° que lorsque les gelées d'hiver ont été longues et continues, il faut plus de chaleur au printemps pour déterminer l'évolution; 5° il est probable que, surtout pour les arbres délicats, l'évolution s'exécute un peu plus tôt, et surtout un peu mieux, quand la température de l'été précédent a été assez chaude pour bien

aoûter le bois des branches; 6° qu'enfin chaque espèce a besoin d'une certaine moyenne de chaleur déterminée par sa susceptibilité propre, et qui explique l'époque diverse de leur évolution; mais que cette estimation ne peut pas s'établir seulement sur la simple supputation des degrés de chaleur qui ont eu lieu depuis le 1er janvier, et qu'elle exige des calculs plus compliqués.

Il serait à désirer qu'on pût avoir des tables analogues à celles de MM. Rigaud et Paul, sur l'évolution des feuilles et des fleurs de divers végétaux précoces et tardifs, observés dans le même lieu, puis dans des lieux différens. Les observations publiées jusqu'ici ont été faites surtout dans le but de résoudre des questions géographiques, tandis qu'il importerait d'avoir des séries de plusieurs années sur les mêmes individus pour éclairer la question physiologique.

§. 3. Végétation de l'été.

Une fois que les bourgeons sont développés et les feuilles épanouies, celles-ci, essentiellement composées de cellules jeunes et vivantes, commencent aussitôt à absorber la sève, comme je l'ai décrit plus haut. L'observation journalière, et la théorie que confirme l'expérience plus directe de M. Savi, prouvent que leur action, très-forte au printemps, va en diminuant vers la fin de l'été. Dans quelques arbres, il se passe alors le phénomène connu sous le nom de *sève d'août*, et que M. Vaucher a bien étudié (1).

(1) Mém. sur la sève d'août, dans ceux de la Soc. de phys. et d'hist. nat. de Genève, vol. I, part. II, p. 285.

Les arbres les plus printaniers, et ceux dont la végétation est la plus active, y sont les plus sujets : tel est, par exemple, au plus haut degré le peuplier d'Italie. Son absorption est très-active, d'où il résulte qu'après quelques mois d'existence ses feuilles sont encroûtées d'une quantité de terre et de carbone considérable : alors le bourgeon inaperçu, situé à leur aisselle, devient plus actif que la feuille elle-même; il absorbe de la sève, tandis que la feuille cesse de le faire en tout ou partie. Si cet effet avait eu lieu à la fin de l'automne, comme c'est le cas pour les arbres tardifs, la feuille serait tombée, et le bourgeon, non excité par la chaleur, serait resté stationnaire jusqu'au printemps; mais au mois d'août il y a encore assez de chaleur pour déterminer sa pousse. Cette sève d'août est donc un phénomène naturel analogue au développement des bourgeons dans les mûriers effeuillés au printemps. La jeune pousse qui se développe alors provient du bourgeon le plus près du sommet, parce que c'est la partie de la branche qui est restée la plus herbacée, et elle ne fait que continuer la branche sans ramification. On la reconnaît de loin au mois d'octobre sur le peuplier, parce qu'elle y porte des feuilles vertes, tandis qu'elles sont déjà jaunes au-dessous. Souvent à la fin d'octobre toutes les feuilles du printemps sont tombées et celles d'août sont encore vertes au bout des branches. Ces jeunes pousses du mois d'août n'ont pas le temps de prendre beaucoup de solidité; d'où résulte que, s'il s'agit d'arbres délicats, elles gèlent plus facilement en hiver, et s'il s'agit d'arbres robustes, elles tendent à pousser très-vite au printemps, parce qu'étant très-herbacées elles sont plus vite excitées ; ainsi, la sève d'août

n'a lieu que sur les arbres printaniers, et tend elle-même à les rendre printaniers.

§. 4. Végétation de l'automne.

Enfin, pour achever ce tableau de la végétation annuelle, les feuilles finissent par s'encroûter par suite du passage continuel des sucs chargés de matières terreuses et charbonneuses ; elles cessent peu à peu leurs fonctions, aspirent peu et exhalent peu d'eau, et meurent. Alors, comme je l'ai exposé ailleurs (1), si elles sont articulées, elles tombent; si elles sont continues, elles se détruisent par les intempéries de l'air. Dans l'un et l'autre cas, elles cessent complétement d'attirer la sève. La coloration en jaune ou en rouge qu'un grand nombre de feuilles présentent avant leur mort, est un des phénomènes remarquables de la végétation automnale, et que nous examinerons plus tard (liv. IV, chap. 8), en parlant de la coloration en général.

Le moment qui succède à la chute des feuilles est celui où commence le sommeil de l'hiver : il n'y a plus de cause d'absorption aérienne, autre que l'action de l'enveloppe cellulaire, et les racines qui n'ont pas encore poussé leurs jeunes radicelles sont à l'époque de leur moindre activité. C'est à cause de la réunion de ces circonstances que cette époque est la plus favorable à la transplantation. Pendant la présence des feuilles, l'intensité de l'évaporation nuirait aux arbres transplantés, dont les racines absorbent peu. Au printemps, si les

(1) Organogr. vég., I, p. 355.

nouvelles radicelles sont déjà nées, on risque de les endommager. Ainsi, l'intervalle entre la chute des feuilles et la naissance des radicelles est, par la théorie comme par l'expérience, le moment propice pour la transplantation.

ARTICLE III.

Tableau de la nutrition, considérée dans son influence sur l'accroissement.

§. 1. Accroissement en longueur.

Dès que le bourgeon commence à se développer, on reconnaît qu'il est formé par un axe d'abord très-court, chargé d'un nombre donné d'organes appendiculaires. Les plus extérieurs, quand l'axe est très-court, altérés par le contact de l'air, forment les écailles du bourgeon, et graduellement on les voit se changer en de véritables feuilles. L'axe commence à s'alonger par l'effet de la sève ascendante, aqueuse, ou un peu chargée de nourriture, qu'elle a dissoute en route; les feuilles s'écartent les unes des autres d'une quantité à peu près égale; ce qui prouve que le jet croît dans toute sa longueur. Les feuilles commencent alors à exécuter leurs fonctions; elles exhalent l'eau surabondante, décomposent le gaz acide carbonique, et déterminent la formation d'un suc nourricier descendant. Il s'établit alors dans chaque jet une lutte entre deux effets contradictoires : la sève ascendante qui, appelée de bas en haut par l'action vitale, tend à exciter l'alongement du jet,

d'autant plus vivement que, contenant peu de matière nutritive, elle ne tend point à solidifier le tissu; et la sève descendante, qui, déposant sur la route des matières nutritives propres à former de la lignine, tend à solidifier le jet et à arrêter son alongement; ce qui a toujours lieu à la fin de l'année au plus tard. La longueur que chaque jet prend dans un temps donné résulte de l'équilibre de ces deux forces contraires : augmentez-vous beaucoup le premier effet, comme cela a lieu dans les plantes qui sont placées de manière à absorber beaucoup d'eau, ou diminuez-vous beaucoup le second, comme cela arrive pour celles qui vivent à l'obscurité totale, alors vous obtenez les jets extraordinairement alongés et herbacés des saules-pleureurs, ou des plantes étiolées, ou des lins dits *à ramer*, cultivés pour faire le fil le plus fin de la Flandre, etc., etc. Au contraire, diminuez la quantité d'eau que la plante peut absorber, exposez-la en même temps aux causes qui accroissent la fixation du carbone, alors vous obtenez des jets courts, fermes, ligneux et trapus, comme on les voit dans les lieux très-secs et très-éclairés des pays méridionaux ou des hautes montagnes. La disposition de certains rameaux à fleurir paraît tenir à cette dernière classe de circonstances. On voit bien qu'une nourriture trop aqueuse dispose les rameaux à s'alonger chargés de feuilles, et qu'un aliment moins aqueux les dispose à transformer leurs feuilles supérieures en pièces florales; mais la cause directe de ce phénomène est encore couverte d'obscurité. Ces considérations suffisent pour comprendre les différences d'alongement des individus d'une même espèce. Lorsqu'il s'agit des espèces comparées

entre elles, d'autres combinaisons modifient cette loi générale. Les principales sont les suivantes :

1°. Les végétaux qui tendent à former dans leur tissu une plus grande quantité de lignine dans un temps donné ont plus vite cet état d'endurcissement qui arrête l'élongation : aussi voit-on que la lenteur de l'alongement de chaque arbre est sensiblement en rapport avec la quantité de carbone qu'il fournit à la combustion. Les herbes vivaces diffèrent des arbres par la petite quantité de lignine qui se trouve dans leur tissu caulinaire ; mais la plus grande partie du suc nourricier se dépose sous forme de gomme, de fécule ou de sucre, dans leurs parties radicales, et sert sous cette forme à la nutrition des jets de l'année suivante.

2°. Le bourgeon terminal de chaque jet tend à devenir en général le plus actif, soit parce que la sève ascendante trouve moins d'obstacle à se diriger dans une direction rectiligne, soit parce que la partie supérieure, recevant le suc d'un moins grand nombre de feuilles, combine moins de carbone, conserve plus long-temps sa mollesse ou sa fraîcheur, et reste par conséquent plus excitable et pour ainsi dire plus vivante. Après le bourgeon terminal, ce sont les bourgeons supérieurs qui participent le plus à cette faculté, laquelle va en diminuant jusqu'aux bourgeons inférieurs. Les arbres diffèrent beaucoup entre eux par le nombre des bourgeons de chaque pousse susceptibles de se développer ; s'il n'y en a qu'un, il reçoit toute l'eau absorbée, et s'alonge beaucoup ; s'il y en a plusieurs, la sève se partage entre eux, l'alongement est moins sensible dans chacun d'eux, et l'arbre devient plus rameux.

3°. Les jets des mêmes espèces, ou des espèces analogues, comparées entre elles, s'alongent d'autant plus vite (tout étant d'ailleurs égal), que l'eau qu'elles aspirent traverse des dépôts de nourriture plus abondans, et peuvent se charger d'une plus grande quantité d'alimens : c'est ce qui explique l'alongement rapide des tiges annuelles, des plantes vivaces à grosses racines, des plantes bulbeuses, des plantes tubéreuses, etc.

4°. Les jets des tiges volubles ou grimpantes sont en général au nombre de ceux qui s'alongent avec le plus de vivacité, ou peut-être ces tiges ne sont-elles volubles ou grimpantes qu'à cause de la rapidité de leur élongation qui empêche leur solidification. Ainsi, chacun sait que la tige de houblon atteint, lorsqu'elle est déroulée, jusqu'à 30 ou 40 pieds en quatre mois ; celle du cobæa en atteint jusqu'à 300 dans le même temps ; et parmi les végétaux ligneux, on voit des ceps de vigne cultivés en espalier ou en treille, atteindre jusqu'à 15 ou 20 pieds de longueur en quatre mois.

5° Enfin chaque espèce a une tendance déterminée à fleurir plus ou moins vite, dont nous ne pouvons nous rendre aucune raison, et qui tient à son excitabilité. Ce serait un sujet curieux que l'examen comparatif de l'alongement des divers végétaux comparés entre eux; mais je ne connais aucun travail sur ce point de physiologie botanique qui puisse l'éclairer suffisamment.

L'influence des agens extérieurs sur l'accroissement en longueur des jets a été jusqu'ici peu étudiée; en général, on sait qu'il est favorisé par la chaleur et par l'humidité ; mais les détails du phénomène mériteraient des recherches détaillées, et certaines espèces, telles que l'*agave fœtida* et

l'*A. americana* où cet accroissement est très-prompt, seraient singulièrement favorables à ces recherches. Peut-être pourrait-on, comme feu M. Pierre Picot l'avait proposé (1), adapter un mécanisme pour mesurer et multiplier l'alongement d'une branche de manière à en apprécier à l'œil les moindres modifications. M. Ernest Meyer a fait sur ce sujet quelques observations intéressantes : il a d'abord examiné (2) l'accroissement de la hampe *d'amaryllis belladonna*, qui, par sa rapidité, est facile à observer, et où la bulbe offre une base fixe pour le mesurer : il a trouvé que pendant le jour, c'est-à-dire de 6 heures du matin à 6 heures du soir, elle croît presque le double que dans la nuit, soit de 6 heures du soir à 6 heures du matin.

Il a ensuite observé (3) l'accroissement des graminées sur des pieds d'orge et de froment. Au milieu d'un grand nombre d'irrégularités qu'il ne peut rapporter directement à aucune des circonstances extérieures agissant actuellement sur le végétal, il croit pouvoir déduire les résultats suivans : 1° l'accroissement a été plus accéléré de jour que de nuit; 2° il a été plus rapide de 8 heures du matin à 2 heures de l'après-midi que dans le même espace de temps à d'autres heures; 3° chaque plante présente par jour deux périodes d'accélération et deux périodes de ralentissement dans son élongation : la 1re se montre entre 8 et 10 heures du matin; la 2e entre midi et 4 heures. De ces faits il semble tenté de conclure que

---

(1) Lettre mss. de 1818.
(2) Act. soc. hortic. de Berlin, 1828.
(3) *Linnæa*, 1829, p. 98; Biblioth. univ., 1829, p. 122.

la périodicité des oscillations dépend de la vitalité, et leur intensité des circonstances extérieures.

M. Mulder(1) a fait des observations analogues sur l'alongement des feuilles de l'*urania speciosa* et sur les boutons du *cereus grandiflorus*. Au milieu d'un grand nombre d'anomalies il conclut des observations sur les feuilles d'urania que, 1°. vers le midi il y a le plus souvent suspension de l'alongement qui a commencé vers 11 heures. Quand cette suspension a lieu, c'est avec une température ascendante; quand l'alongement se continue de 11 à 4 heures sans interruption, il est faible et la température est en baisse. 2° En général, l'élongation n'a pas lieu ou est faible quand la lumière solaire et la chaleur sont très-intenses. 3° L'alongement est moins rapide du matin à midi qu'il ne l'est de midi au soir, et va souvent en augmentant vers minuit.

Quant au bouton de cierge, il a vu que, 1° pendant la nuit il y a suspension totale ou presque totale d'élongation. 2° Pendant le jour, il a été plus actif à midi, et en général sous l'influence de la lumière et de la chaleur. 3° Le plus grand accroissement nocturne a eu lieu la nuit, qui a précédé l'épanouissement. 4° Il y a eu dans la journée qui l'a précédé deux heures de suspension totale d'élongation.

Il serait intéressant de répéter et surtout de varier ces expériences sur différentes classes de végétaux exogènes et endogènes, ligneux et herbacés, annuels et vivaces, plus ou moins munis de nourriture préparée à l'a-

(1) *By dr. tot de natusrk. vetenjch,* 1829, p. 251 et 420; Bull. sc. nat., 21, p. 261.

vance, etc. Il faudrait avoir soin dans ces expériences, 1° de bien distinguer les organes entre eux afin de ne comparer que des objets réellement comparables, et 2° d'éviter les cas évidemment exceptionnels pour étudier d'abord la végétation dans sa marche ordinaire.

Si l'on considère le mode même de l'élongation de chaque organe, comme nous l'avons fait déjà dans l'Organographie, on arrive aux lois suivantes, et que nous ne ferons que rappeler ici.

1° Les racines s'alongent indéfiniment par leur extrémité seulement.

2° Les tiges s'alongent pendant un temps déterminé (ordinairement un an) dans la longueur totale de la partie développée dans cette période.

3° Les feuilles s'alongent essentiellement par leur partie inférieure ou la partie inférieure de chacun de leurs lobes.

4° Les organes floraux n'étant que des feuilles modifiées, commencent à se développer par les sommités, et leur élongation se continue par les parties inférieures. Ce fait est surtout visible dans les étamines, où les anthères sont formées les premières ; mais dans les pistils, l'ovaire et le stigmate se développent les premiers, et le style s'alonge ensuite, de sorte que plusieurs stigmates sont sessiles dans leur jeunesse (1).

§. 2. Accroissement en diamètre.

Les jets annuels des arbres ne commencent à croître

---

(1) F.-P. Cassel, Ann. des sc. et arts. Bruxelles, août 1818, p. 122.

en épaisseur qu'après avoir cru en longueur, et lorsque l'action des feuilles commence à former une certaine quantité de suc nourricier. Ce suc redescend dans l'aubier et dans le liber; il y nourrit les cellules naissantes qui sont à la surface externe du premier, et à la face interne du second. Ces cellules, dans leur jeunesse, douées de l'excitabilité propre aux jeunes tissus, absorbent l'eau chariée autour d'eux dans les méats intercellulaires, et principalement par les rayons médullaires, s'en imbibent, ainsi que de la gomme produite par les feuilles, et forment ainsi cette matière demi-liquide et demi-organisée qu'on nomme *cambium* : on dit alors que l'arbre est *en sève*. Peu à peu ces cellules se solidifient : elles reçoivent bien encore dans le reste de l'année un peu d'eau et de suc nourricier; mais ces matières sont moins visibles, et se transforment graduellement en lignine, qui tend encore à accroître leur solidité. Ces mêmes matières, s'écoulant dans l'aubier, accroissent sa solidité, et le transforment en bois parfait.

La formation du cambium ne se borne pas aux jets de l'année; elle continue à s'exécuter indéfiniment aux surfaces en contact du liber et de l'aubier dans toute la longueur du végétal exogène, et est déterminée partout également par l'eau apportée des racines et les sucs nourriciers qui découlent des feuilles. C'est là ce qui détermine l'accroissement indéfini en diamètre du corps ligneux des exogènes.

Celui des endogènes a un diamètre fixe, parce que les nouvelles productions s'y forment à l'intérieur, et que les extérieures s'y solidifient à un terme déterminé.

Je ne fais que rappeler ici ces faits généraux dont j'ai

exposé le mécanisme, soit dans l'Organographie (liv. 2, chap. I), soit dans la Physiologie (liv. 2, chap. IV).

La diversité de l'accroissement en diamètre des individus d'une espèce tient à la quantité de matière nutritive que les feuilles lui fournissent : d'où résulte que, dans la même espèce, cet accroissement est sensiblement en rapport avec le nombre des feuilles et l'énergie de leur action. La diversité qu'on remarque entre les espèces différentes tient à cette même cause, modifiée par la disposition spéciale de l'espèce à avoir des cellules plus grandes et moins remplies de lignine, ou plus petites et mieux remplies; d'où résulte que l'accroissement en diamètre d'un arbre exogène est, en général, en raison inverse de sa dureté et de sa solidité. On peut remarquer encore que les causes qui favorisent beaucoup l'élongation tendent, lorsqu'elles agissent seules, à retarder l'accroissement en diamètre ou la solidité; car la même quantité de matière nutritive étant formée par les feuilles, doit se distribuer sur une plus grande longueur.

CHAPITRE XV.

De la Nutrition des végétaux cellulaires.

Les végétaux cellulaires diffèrent des vasculaires sous deux rapports principaux : 1° Ils n'ont point de véritables vaisseaux ni de trachées ; leurs fibres (si on peut leur donner ce nom) ne sont composées que de cellules alongées, et ne sont jamais comparables aux véritables fibres ligneuses; circonstance d'où M. Schultz a tiré le nom d'*axyles* qu'il donne à ces plantes. La sécrétion des cellules alongées (lorsqu'il en existe) détermine la direction de leurs sucs ; c'est ce qui arrive dans les mousses, par exemple, où la tige reçoit l'eau par sa base et par ses fébrilles radicales, et la transmet aux feuilles dans la direction longitudinale déterminée par les cellules alongées. Telles sont encore les tiges ou pédoncules des champignons à chapeau, qui reçoivent la sève par leur base, et la transmettent à la partie supérieure. Dans ce cas, la direction des sucs est un peu modifiée; mais dans un plus grand nombre de plantes cellulaires, l'absorption de l'eau se fait indifféremment, et à peu près par tous les points de la surface : ainsi, les algues, par exemple, absorbent l'eau par toute leur superficie. Dans les lichens (1), il y a quelques directions déterminées, mais

---

(1) DC. Mém. sur la nutr. des lichens ; Journ. de phys., 1798.

peut-être en partie par des causes mécaniques, telles que la courbure de feuilles ou la présence de certains suçoirs. Plusieurs champignons paraissent pomper par la superficie entière : telles sont les truffes; quelques-uns par des espèces de fibrilles radicales. Dans tous ces cas, et même dans ceux que j'ai cités plus haut, l'absorption est loin de ne s'opérer que par un point déterminé, et une grande partie de la surface est douée de cette faculté. Plus l'absorption s'opère par un grand espace, plus l'espèce est dépourvue de la faculté de s'élever verticalement. Dans les végétaux cellulaires qui absorbent de partout, les cellules sont la plupart arrondies, et les cellules alongées indiquent toujours que les sucs ont une direction déterminée. Il est certaines cryptogames chez lesquelles l'absence de toute marche dans les sucs est très-remarquable. Ainsi, si l'on plonge dans l'eau la moitié d'une algue, on voit cette moitié pomper l'eau et vivre pour elle, tandis que la partie qui est hors de l'eau se dessèche et meurt.

Les eaux colorées ne pénètrent pas dans le tissu des plantes cellulaires, qui pompent par leur surface entière; il en monte un peu dans les champignons à tige longitudinale; mais elle y pénètre d'une manière irrégulière et en faible quantité.

2°. Les végétaux cellulaires sont tous dépourvus de stomates; ils ne peuvent donc exhaler l'eau surabondante que comme les fruits charnus des vasculaires, c'est-à-dire d'une manière lente, graduée, peu sensible, et probablement par un simple effet de la porosité des membranes. L'absence d'exhalaison détermine la lenteur de l'absorption : celle-ci, en effet, ne doit appeler dans

le végétal que l'eau qui peut s'y incorporer, puisque celle qui serait surabondante n'aurait aucune issue. La petite quantité d'eau qui entre et sort des végétaux cellulaires fait qu'à durée égale ils doivent contenir beaucoup moins de matières salines terreuses ou alcalines et d'oxides métalliques, que les végétaux ordinaires. Si les lichens en contiennent plus à poids égal, cela tient à leur durée très-longue; d'où résulte que nous y trouvons accumulées les matières terreuses provenant de la végétation d'un grand nombre d'années.

On peut donc, d'après les données précédentes, communes à tous les végétaux cellulaires, comprendre leur nutrition de cette manière : l'eau qui les entoure y pénètre ou par des points déterminés, ou par la surface entière; elle se glisse ou de cellule en cellule, ou dans les méats intercellulaires. Lorsque ceux-ci sont rectilignes, elle suit une direction déterminée, et parvient ainsi aux parties dont les cellules sont arrondies, et où son mouvement se ralentit; si toutes les cellules sont arrondies, l'eau n'a pas de direction déterminée, et chaque cellule pompe celle qui l'entoure : ces cellules élaborent l'eau qu'elles reçoivent, sans qu'il paraisse y avoir transport d'aucun suc nourricier, ni autre sécrétion que celle qui peut s'opérer dans l'intérieur des cellules arrondies. Celles-ci sont pour ainsi dire autant de petits individus séparés, qui vivent chacune pour elles. Dans ce sens restreint, l'individualité des cellules me paraît assez rigoureusement vraie; mais cette idée ne peut, sans de grandes modifications, s'appliquer aux végétaux vasculaires.

Puisque chaque cellule d'un végétal cellulaire vit

comme pour elle-même, reçoit la lymphe, et l'élabore dans sa cavité, on doit s'attendre à trouver dans cette cavité quelque chose d'analogue aux principales sécrétions des vasculaires. En effet, Corti (1) avait déjà, dès 1775, remarqué que les cellules des chara qui sont transparentes et pleines d'un suc aqueux, offrent, sous le microscope, de petits globules ou de petites vésicules aériennes qui nagent dans ce liquide, et y sont fréquemment dans un mouvement rapide et régulier : il avait donné à ce phénomène le nom de *circulation*, qui est propre à induire en erreur, en ce qu'il semble assimiler ce phénomène à la circulation du sang chez les animaux. Fontana, à cette époque, la compara déjà à une sorte de rotation, d'où M. Schultz (2) a déduit le nom de *rotation* pour ce phénomène analogue à la cyclose, mais qui se passe non dans des vaisseaux distincts de ceux de la lymphe, mais dans des cellules closes, où le suc lymphatique et le suc nourricier semblent confondus. Ce phénomène a aussi été étudié par M. Amici (3), qui en a donné de fort belles figures, et par MM. Agardh (4), Tréviranus (5), Raspail (6), Le Baillif (7), Dutrochet (8), et

---

(1) *Lettera sulla circolazione del fluido*. etc., Modena, 1775, trad. dans Rozier ; Journ. de phys., vol VIII, 1776, p. 232.

(2) Bibl. univ., déc. 1827 ; *Natur der lebend Pflanz.*, 1823.

(3) *Mem. soc. italian.*, 1823, vol. XIX, Ann. des sc. nat., 1824, mai, p. 44.

(4) *Nov. act. soc. cæs. leop. nat. cur.*

(5) *Vermisch. Schrift*, 2, p. 75.

(6) Bull. sc nat., 12, p. 75 ; Journ. sc. d'obs. 2, p. 396.

(7) Bull. sc. nat., 12, p. 321.

(8) Ann. sc. nat., avril 1831, p. 453.

par M. Meyen (1), qui en a surtout étudié la théorie. J'essayerai de le faire connaître ici d'après ces observateurs.

Lorsqu'on observe des cellules courtes ou arrondies, les globules s'y meuvent par un mouvement circulatoire ou rotatoire assez régulier, qui semble commencer vers le centre, et se propager vers les bords. Si on passe de là à des cellules alongées, le mouvement, par la forme même des cellules, devient rectiligne le long des côtés alongés. Quand les globules arrivent à l'extrémité, ils suivent le petit côté, et reviennent le long de la face opposée en sens rectiligne, mais inverse de leur première direction; puis se retournent de même à l'autre bout. Ils sont donc autant en rotation que la forme des cellules le comporte. La direction du suc dans chaque cellule est indépendante de ses voisines, de telle sorte qu'on trouve souvent des courans opposés dans des cellules limitrophes. Cette rotation est plus active dans certaines cellules que dans d'autres très-voisines : elle est en général accélérée par la chaleur. M. Schultz a observé ce mouvement déjà dans les cellules qui, placées bout à bout, composent les petites racines des chara. Cette observation est plus facile, dit-il, lorsqu'on leur fait pomper un suc coloré (2).

Corti avait déjà (autant du moins que l'obscurité de son ouvrage permet de le reconnaître) observé le même phénomène dans les cellules du *naias minor*, et les observations modernes l'y ont en effet constaté.

---

(1) *Nov. act. soc. cæs. leop. nat. cur.* XIII, part. 2 (1827), p. 841; *Linnæa*, vol. 2, p. 55; Bull. sc. nat., 18, p. 226.

(2) Lettre inéd., janv. 1828.

Outre les naïades dont nous venons de parler, la rotation a été retrouvée dans des végétaux cellulaires de diverses familles. Ainsi M. Schultz m'écrit que M. Ehrenberg a vu un mouvement dans la direction des points de copulation des cellules du *syzygïtes megalocarpus* (*aspergillus laxus*, Link); qu'on observe la même chose dans les cellules des fibrilles qui semblent représenter la racine des agarics laiteux; que dans d'autres champignons à suc transparent, on voit ce mouvement, mais rare et lent, lorsqu'on leur fait pomper de l'eau colorée; qu'enfin les fibrilles radicales des mousses et des lichens présentènt le même fait. Il faut ajouter ici que cet observateur termine sa lettre en disant que ces expériences demandent encore des répétitions soignées.

Ce n'est donc jusqu'ici que dans la famille des naïades que le mouvement de rotation est unanimement constaté : mais ce qui est très-singulier, c'est qu'on l'a retrouvé dans deux plantes aquatiques, il est vrai, comme les naïades, mais qu'on a de fortes raisons pour classer parmi les vasculaires, savoir, le vallisneria et l'hydrocharis. Ces deux plantes ont en effet, l'une et l'autre, des fleurs phanérogames : si elles n'ont pas de stomates dans les parties submergées, ce fait, commun à toutes les vasculaires aquatiques, ne peut les en séparer ; elles ont de plus des vaisseaux spiraux, quoique en petit nombre. M. Schultz paraît croire que ces vaisseaux sont d'une autre nature que les vaisseaux ordinaires, car il assure qu'ils n'absorbent pas comme eux les liquides colorés ; et il ajoute que ces plantes n'ont point de vaisseaux laticifères. M. Meyen est d'accord avec M. Schultz sur l'existence du mouvement rotatoire dans les cellules

de ces deux plantes vasculaires. Corti a cru en voir dans des cellules de cucurbitacées; Comparetti, dans celles de l'aloès; mais tous les autres observateurs n'ont point pu vérifier ces faits, et il est à craindre qu'on ne les ait confondus avec les phénomènes de la cyclose. On peut cependant se demander encore si réellement ce fait se retrouve dans d'autres végétaux munis de vaisseaux; si peut-être il serait commun aux cellules en général, et lié au phénomène des sécrétions. Ces questions et plusieurs autres analogues qu'on pourrait s'adresser, sont insolubles aujourd'hui, vu le peu de faits qu'on connaît avec des détails suffisans.

La cause de la rotation ou de ce mouvement des globules qui nagent dans le liquide des cellules, est rapportée par M. Meyen à la gravitation; et certainement c'est bien le cas d'ajouter : *Si parva licet componere magnis*. J'avoue que les raisonnemens sur lesquels cette hypothèse s'appuie m'ont paru peu concluans; et entre autres objections, je me bornerai à dire que les lois physiques, telles que la gravitation, s'exercent continuellement et ne peuvent présenter des repos, des interruptions et une cessation complète, comme nous le voyons dans le phénomène de la rotation; d'autres ont voulu le rapporter ou à quelque jeu d'électricité, ou à la nature même des globules suspendus dans le liquide. M. Raspail (1) a imité ce mouvement en suspendant des globules graisseux dans de l'alcool qu'il renferme dans un tube clos et qu'il expose à la flamme d'une bougie. Les globules montent d'un côté par l'effet de la dilatation,

(1) Journ. de pharm., 1828, p. 480.

et descendent de l'autre sans se mêler. M. Dutrochet a étudié de son côté les mouvemens de molécules de lait mêlées dans de l'eau , placées en vase clos et exposées à diverses circonstances. Mais il est évident que ces appareils étrangers à la vie sont trop éloignés de l'état de la nature pour donner quelque idée précise sur la cause réelle du phénomène. Des raisonnemens analogues à ceux que j'ai déjà employés bien des fois, me font penser que ce phénomène est purement vital, et doit se rapporter à la contractilité des cellules.

Je reviens maintenant à exposer rapidement quelques considérations ultérieures sur les différences de végétation que l'on remarque en comparant entre-elles les plantes cellulaires. Elles présentent en effet deux classes physiologiques très-distinctes; savoir, celles qui sont de couleur verte, et celles qui ont toute autre couleur.

Les plantes cellulaires vertes sont douées de la faculté de décomposer le gaz acide carbonique dissous dans l'eau ou mêlé dans l'air qui les entoure, comme les plantes vasculaires vertes, et cette décomposition y est soumise aux mêmes lois : ainsi les mousses, les hépatiques, la plupart des algues et quelques lichens, se conduisent sous ce rapport comme les feuilles des plantes ordinaires. Il faut remarquer que dans ces plantes les surfaces vertes sont très-minces, et la plupart des espèces réduites à des membranes papyracées : il fallait en effet que chaque cellule reçût directement l'influence de la lumière, car elle n'élabore pas un suc qu'elle soit destinée à transmettre à quelque autre organe ; mais elle décompose, si j'ose parler ainsi, le gaz acide carbonique pour son usage particulier.

Les plantes cellulaires colorées ne sont pas douées de la faculté de décomposer l'acide carbonique à la lumière ; si elles le font, ce qui est vraisemblable, parce qu'on y trouve du carbone, ce doit être par un autre procédé qui nous est encore inconnu. Les champignons, les hypoxylons, quelques algues et plusieurs lichens forment cette classe de végétaux ; et nous voyons en effet que plusieurs d'entr'eux vivent à l'obscurité totale, et ceux-même qui vivent à la lumière sont tout au moins dépourvus de la faculté de se diriger vers elle. Nous avons vu plus haut que plusieurs champignons paraissent décomposer l'eau et exhaler du gaz hydrogène. Leur mode de nutrition paraît donc fort différent de celui des végétaux ordinaires, mais n'a pas été encore assez étudié pour être un peu connu.

M. Chaptal (1) a analysé des champignons qui croissaient dans des mines près Béziers. Il avait remarqué que ceux situés à l'entrée de la galerie, dans des lieux éclairés, étaient plus compactes et plus colorés, tandis que ceux qui croissaient dans le fond de la mine étaient plus mous et plus blancs. Les premiers ont donné à l'analyse un tissu plus ligneux et moins d'acide carbonique; les seconds, beaucoup plus d'eau et plus d'acide carbonique. Il semble attribuer en partie ce dernier résultat à ce qu'il y avait plus d'acide carbonique dans l'air au fond qu'à l'entrée de la galerie. On pourrait conclure de cette expérience que les champignons décomposent le gaz acide carbonique, s'il était bien prouvé

---

(1) Chim. agric., 1, p. 180.

que les champignons de l'entrée et du fond fussent de la même espèce.

La quantité de carbone que les cryptogames admettent dans leur tissu, est extrêmement diverse d'une espèce à l'autre, et leur observation comparée prouve évidemment que leur accroissement est d'autant plus prompt qu'elles ont besoin de moins de carbone, comme M. de Humboldt l'avait déjà établi (1) : ainsi les *agaricus quercinus, boletus igniarius, perennis*, etc. ; *telephora mesenteriformis, sphœria hypoxylon, hydnum auriscalpium* et autres espèces à végétation lente, donnent beaucoup de carbone, tandis que les byssus, les moisissures, les agarics et les hydnes à chair molle, etc., donnent peu de charbon et croissent fort vite.

Certains champignons présentent encore un phénomène qui leur est particulier, celui d'exhaler du gaz hydrogène. M. de Humboldt a vu le premier, que de jeunes pieds *d'agaricus campestris* exhalent nuit et jour de ce gaz, et a revu ce fait dans quelques autres espèces. Je l'ai retrouvé dans deux champignons remarquables l'un et l'autre par leur couleur d'un noir très-intense, la *sphœria digitata* dont le gaz contenait 0,70 d'hydrogène et le *peziza nigra*, qui en a exhalé 0,14. On avait craint que ce gaz ne fût dû à la décomposition du champignon ; et déjà ce fait, que le *sphœria digitata* qui est si éminemment coriace, en développe plus que le *peziza nigra* qui est si gélatineux, tendait à affaiblir ce soupçon. M. Fr. Marcet a repris ces expériences sous ce rap-

---

(1) *Aphor. ad calc. fl. freyb.*, §. 11.

port (1) ; il a exposé des champignons sous l'eau, soit au soleil, soit à l'ombre : les premiers ont fourni en quelques heures du gaz composé comme suit :

	Hydrog.	Azote.	En heures.
Sphæria digitata	65	33	10
Agaricus ericeus	55	44	10
— *deliquescens*	70	30	8
— *physaloides*	57	43	2
— *leucocephalus*	42	56	6

A l'obscurité ils n'ont fourni que très-peu de gaz, lequel contenait moins d'hydrogène ; quelques-uns transportés au soleil en ont donné de nouveau comme à l'ordinaire ; ce qui prouve, d'un côté, qu'ils étaient sains, et de l'autre, que la lumière a ici une action directe qui rappelle celle que lui fait dégager le gaz oxigène des végétaux verts. On peut donc conclure de ces faits que ce dégagement d'hydrogène est réellement vital et non déterminé par l'altération du champignon.

Une partie des végétaux cellulaires est remarquable par la quantité de matière terreuse déposée dans leur tissu. Ainsi, les lichens contiennent une dose considérable de carbonate, et surtout d'oxalate de chaux. Les chara sont aussi très-remarquables par la croûte de carbonate de chaux qui se forme à leur surface, et qui les encroûte comme d'une sorte d'enduit susceptible de faire effervescence avec les acides minéraux, comme MM. Lyell et Constant Prévost l'ont observé. M. Brewster a aussi trouvé de petits cristaux réguliers dans les

(1) Ann. de Chim., 40, p. 320.

cellules sous cette enveloppe calcaire; le noyau qui reste après qu'on l'a enlevé paraît de nature siliceuse(1); les mousses paraissent, comme les monocotylédones, contenir des matières siliceuses; au moins on peut le conjecturer d'après leur inaltérabilité.

L'accroissement des végétaux cellulaires est certainement fort différent des vasculaires, mais n'est encore connu que d'une manière très-imparfaite. Il est évident qu'il ne peut s'opérer que par la multiplication des cellules; mais ce développement du tissu cellulaire n'est connu ni dans les parties des vasculaires qui en sont composées, ni dans les plantes cellulaires. Quelques-uns, tels que M. Turpin, ont pensé que chaque cellule forme dans son intérieur des rudimens nouveaux de cellules qui grandissent et finissent par rompre la cellule mère, de manière que la multiplication des cellules végétales ressemblerait assez à l'évolution du volvox; mais M. Morren qui a récemment étudié ce sujet (2), n'a jamais rencontré les restes de ce tissu ainsi déchiré, et je crois que tous les observateurs en peuvent dire autant, même ceux qui admettent cette rupture en théorie. M. Morren croit avoir observé la véritable formation des nouvelles cellules dans une espèce de palmella identique ou analogue avec le *P. alpicola*. Dans ce végétal, les cellules sont isolées et globuleuses : chacune d'elles est entourée par une couche mucilagineuse; quand elles ont atteint une certaine grandeur, la couche mucilagineuse augmente, et l'on peut y reconnaître des espèces d'an-

---

(1) Bull. sc. nat., XI, p. 231.
(2) *Bydrag. tot de naturk.*, etc.; *Linnæa*, vol. 5, 1830.

neaux d'autant plus distincts, qu'ils sont plus éloignés de la membrane de la cellule; plus tard, cette membrane elle-même prend l'apparence d'un mucilage, et les globules qui étaient contenus et cachés dans ce mucilage commencent à s'accroître; le mucilage disparaît, et les jeunes cellules qui remplacent l'ancienne présentent les mêmes caractères qu'elle. Ce mode d'accroissement et de multiplication de cellules pourrait très-bien s'adapter à la plupart, et peut-être à tous les végétaux, et s'accorde bien avec le transport des sucs nourriciers par les méats intercellulaires et la perméabilité du tissu même des cellules, surtout dans leur jeunesse. Je suis loin, au reste, d'avoir une opinion arrêtée sur un sujet aussi obscur, et qui réclame de nouvelles observations faites avec sagacité et sans prévention.

Je me borne à ce petit nombre de considérations sur la nutrition des végétaux cellulaires, soit pour ne pas répéter des détails qui font partie de l'Organographie, soit parce que l'étude des cryptogames a été jusqu'ici peu avancée sous ce point de vue; et je dois avouer aussi que je l'ai peut-être moi-même trop négligée depuis quelques années, pour être bien au courant des travaux les plus modernes.

